

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**AMBIENTAL**

**Márcio Adilson de Oliveira**

**PROPOSTA DE AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DOS RSU**  
**SECOS DA CENTRAL MECANIZADA DE TRIAGEM PONTE**  
**PEQUENA, SÃO PAULO-SP**

**Santo André – SP**

**2019**

**MÁRCIO ADILSON DE OLIVEIRA**

**PROPOSTA DE AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DOS RSU  
SECOS DA CENTRAL MECANIZADA DE TRIAGEM PONTE  
PEQUENA, SÃO PAULO-SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal do ABC, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Giulliana Mondelli**

**Santo André – SP**

**2019**

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do ABC  
Elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFABC  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Oliveira, Márcio Adilson de  
Proposta de Amostragem e Caracterização dos RSU Secos da  
Central Mecanizada de Triagem Ponte Pequena, São Paulo-SP /  
Márcio Adilson de Oliveira. — 2019.

141 fls. : il.

Orientadora: Mondelli Giulliana

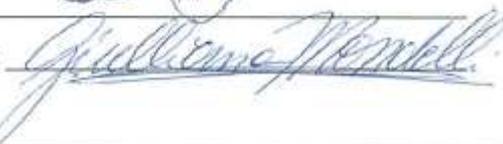
Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do ABC,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia  
Ambiental, Santo André, 2019.

1. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). 2.  
Coleta Seletiva. 3. Triagem. 4. Gravimetria. I. Giulliana,  
Mondelli. II. Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia Ambiental. 2019. III. Título.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, de acordo com as observações levantadas pela banca no dia da defesa, sob responsabilidade única do autor e com anuência de seu orientador.

Santo André, 17 de dezembro de 2019.

Assinatura do autor: 

Assinatura do orientador: 

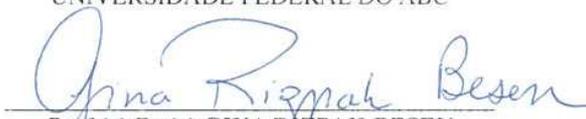


**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**Fundação Universidade Federal do ABC**  
Avenida dos Estados, 5001 – Bairro Santa Terezinha – Santo André – SP  
CEP 09210-580 - Fone: (11) 4996-0017

### FOLHA DE ASSINATURAS

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato, MÁRCIO ADILSON DE OLIVEIRA realizada em 26 de Setembro 2019:

  
**Prof.(a) Dr.(a) CARLOS ALBERTO FLAVIO CORREA**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

  
**Prof.(a) Dr.(a) GINA RIZPAH BESEN**  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**Prof.(a) Dr.(a) EDNILSON VIANA**  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**Prof.(a) Dr.(a) LUCIA HELENA GOMES COELHO**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

  
**Prof.(a) Dr.(a) GIULLIANA MONDELLI**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC - Presidente

\* Por ausência do membro titular, foi substituído pelo membro suplente descrito acima: nome completo, instituição e assinatura

*Dedico este trabalho à minha esposa Cléri e ao meu  
filho Henry, pelo companheirismo e compreensão  
durante toda esta desafiadora jornada.*

## **AGRADECIMENTOS**

À toda minha família, em especial minha esposa Cléri e meu filho Henry, pelo incessante incentivo e por estarem sempre ao meu lado;

À minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Giulliana Mondelli, que acreditou no meu trabalho e me aceitou como integrante em sua pesquisa. Neste período, entendi que uma excelente orientação ultrapassa o compartilhamento de conhecimento científico, aprendi, com a motivação recebida, que vale a pena acreditar e jamais desistir;

Aos também pesquisadores Christiane Jacinto, Saiuri Anzei e José Leonardo, pelo apoio e oportunidade em conhecer pessoas tão especiais e dedicadas ao desenvolvimento da ciência;

A todos os colaboradores da Loga, em especial aos lotados na CMT Ponte Pequena, sempre tão colaborativos e dispostos a possibilitar meu acesso às instalações e informações essenciais à pesquisa;

À Autoridade Municipal de Limpeza Urbana - AMLURB, por nos receber e apoiar este trabalho;

À Universidade Federal do ABC, ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental – CTA e seu corpo docente. Fundamentais.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e também através do Processo Fapesp 2016/08978-8.

“É fundamental diminuir a distância entre o que se diz e o que se faz, de tal forma que, num dado momento, a tua fala seja a tua prática”

(Paulo Freire)

## RESUMO

Em diversas cidades pelo mundo, normalmente as de grande porte localizadas nos países em desenvolvimento, a gestão inadequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) tem causado impactos adversos ao meio ambiente e à saúde pública. Na cidade de São Paulo, os serviços de coleta e destinação dos RSU são concedidos pela Prefeitura a empresas privadas, onde 2 Centrais Mecanizadas de Triagem (CMT) possuem grande importância neste processo. Como os RSU possuem características tipicamente heterogêneas, inexistem no Brasil uma metodologia padrão para sua caracterização com consenso científico. Assim, o objetivo da pesquisa foi avaliar a fração seca dos RSU gerados pelo agrupamento noroeste da cidade de São Paulo, através de um plano de amostragem e caracterização granulométrica e gravimétrica antes e após a triagem na CMT Ponte Pequena. As amostras foram coletadas entre maio de 2017 a maio de 2018 em dias e horários alternados, considerando somente os caminhões da coleta seletiva da concessionária LOGA. Com a análise gravimétrica realizada na etapa de pré-triagem (entrada), identificou-se que 11% dos materiais recebidos são rejeitos, indicando a boa qualidade da separação realizada pelos municípios, já ao se avaliar as amostras pós-triagem (saída), constatou-se 37 % de rejeitos, indicando serem necessárias ações para melhorar seu desempenho. Quanto a análise granulométrica, devido às diferenças dimensionais apresentadas entre as amostras de saída (menores) e de entrada (maiores), nota-se que a triagem mecanizada apresentou um efeito significativo positivo. Apesar de haver boa oferta de indústrias de reciclagem próximas à CMT, o fato de que nem todos os materiais possuem viabilidade econômica para reciclagem, pode contribuir para sua disposição indevida nos aterros sanitários. Embora tenha sido relacionada a geração de resíduos com as características sociais dos locais estudados, não foi possível definir de forma precisa tal relação, sendo necessários estudos complementares. Quanto aos indicadores, a Taxa de Rejeitos (TR) de 58,6 % da CMT Ponte Pequena é semelhante à TR de 57,2 % obtida na outra CMT da cidade de São Paulo, demonstrando margem para melhorias no processo mecanizado, uma vez que menores TR foram observadas em Cooperativas não mecanizadas. Indicadores como Índice de Recuperação de Materiais Recicláveis (IRMR) e Taxa de Recuperação de Materiais Recicláveis (TRMR), demonstraram que o programa de coleta seletiva e reciclagem de RSU na cidade de São Paulo é ainda incipiente, sendo necessária sua ampliação de forma participativa por todos os envolvidos.

**Palavras-chave:** Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Coleta Seletiva, Triagem, Granulometria, Gravimetria.

## ABSTRACT

In many cities around the world, usually large cities in developing countries, inadequate management of municipal solid waste (MSW) has caused adverse impacts on the environment and public health. In the city of São Paulo, MSW collection and disposal services are provided by the City Hall to private companies, where 2 mechanized Materials Recovery Facilities (MRF) are of great importance in this process. As MSW have typically heterogeneous characteristics, there is no standard methodology for scientific consensus characterization in Brazil. Thus, the objective of this research was to evaluate the dry fraction of MSW generated by the northwest grouping of the city of São Paulo, through a sampling plan and particle size and gravimetric characterization before and after screening at CMT Ponte Pequena. Samples were collected from May 2017 to May 2018 on alternate days and times, considering only the selective collection trucks of LOGA concessionaire. With the gravimetric analysis performed in the pre-screening stage (entry), it was identified that 11 % of the received materials are MSW refuse, indicating the good quality of the separation made by the residents, while evaluating the post-screening samples (exit), 37% of rejects were found, indicating that actions are needed to improve their performance. Regarding the particle size analysis, due to the dimensional differences presented between the output (smaller) and input (larger) samples, it is noted that the mechanized screening had a significant positive effect. Although there is a good supply of recycling industries near CMT, the fact that not all materials are economically viable for recycling can contribute to their improper disposal in landfills. Although the generation of waste was related to the social characteristics of the studied sites, it was not possible to precisely define this relationship and further studies were needed. Regarding the indicators, the Refuse Rate (RT) of 58.6% of the CMT Ponte Pequena is similar to the RT of 57.2% obtained in the other CMT of the city of São Paulo, showing the need of improvement in the mechanized sorting process, lower RT were observed in non-mechanized cooperatives. Indicators such as the Recyclable Materials Recovery Index (IRMR) and Recyclable Material Recovery Rate (TRMR), demonstrated that the MSW selective collection and recycling program in the city of São Paulo is still incipient, and its participatory expansion by all involved.

**Key-words:** Brazilian National Solid Waste Policy, Selective Collection, Screening, Particle Size Distribution, Gravimetry.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Geração de RSU no Brasil em 2016 e 2017.....	20
<b>Figura 2:</b> Regiões, Subprefeituras e Distritos do Município de São Paulo.....	41
<b>Figura 3:</b> Área de concessão da coleta de resíduos indivisíveis no Mun. de SP.....	43
<b>Figura 4:</b> Área de concessão da coleta de resíduos divisíveis no Mun. de SP.....	45
<b>Figura 5:</b> Cooperativas e CMTs instaladas no município de São Paulo.....	48
<b>Figura 6:</b> Localização dos endereços dos PEV's públicos no Mun. de SP.....	50
<b>Figura 7:</b> Composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de São Paulo.....	51
<b>Figura 8:</b> Dimensões do desenvolvimento humano.....	53
<b>Figura 9:</b> Capacidades e oportunidades para o desenvolvimento humano.....	53
<b>Figura 10:</b> Faixas de desenvolvimento humano municipal.....	55
<b>Figura 11:</b> Evolução no IDHM na Cidade de SP.....	55
<b>Figura 12:</b> IDHM dimensão Educação – Município de São Paulo em 2010.....	56
<b>Figura 13:</b> Evolução no IDHM na Cidade de SP.....	57
<b>Figura 14:</b> Faixas de Índice de Vulnerabilidade Social.....	58
<b>Figura 15:</b> ÍVS no município de São Paulo em 2000 e 2010.....	59
<b>Figura 16:</b> Mapa do IVS na cidade de São Paulo no ano de 2010.....	60
<b>Figura 17:</b> Visita técnica à CMT Ponte Pequena, São Paulo – SP.....	62
<b>Figura 18:</b> CMT Carolina Maria de Jesus.....	63
<b>Figura 19:</b> Pátio de Recebimento de RSU na CMT – transbordo.....	65
<b>Figura 20:</b> Vista lateral da CMT Ponte Pequena.....	65
<b>Figura 21:</b> Setores atendidos pela CMT Ponte Pequena.....	66
<b>Figura 22:</b> Modelo de ticket de pesagem.....	67
<b>Figura 23:</b> Descarga de RSU secos no pátio de recebimento, CMT Pte. Peq. SP...68	68
<b>Figura 24:</b> Áreas de receb. de RSU da fração seca e úmida, CMT Pte. Peq.....	68
<b>Figura 25:</b> Fluxograma do processo operacional de recebimento – CMT P. Peq.....	69
<b>Figura 26:</b> Fluxograma do processo inicial de triagem – CMT Pte. Peq. SP.....	70
<b>Figura 27:</b> Vista interna da Peneira Rotativa, CMT Pte. Pequena SP.....	70
<b>Figura 28:</b> Fluxograma de triagem via peneira rotativa – CMT Ponte Pequena SP.71	71
<b>Figura 29:</b> Fluxograma geral da triagem pós rasga sacos – CMT Pte. Peq. SP.....	72
<b>Figura 30:</b> Fluxograma da triagem 2D e 3D – CMT Ponte Pequena SP.....	73
<b>Figura 31:</b> Fluxograma da triagem metálica – CMT Ponte Pequena.....	75

<b>Figura 32:</b> Processo de controle de qualidade – CMT Ponte Pequena SP.....	75
<b>Figura 33:</b> Área de armaz. de recicláveis para comercialização – CMT Pte. Peq....	75
<b>Figura 34:</b> Carregamento para expedição aos recicladores, São Paulo SP.....	76
<b>Figura 35:</b> Infográfico sobre o funcionamento da CMT Pte. Peq. São Paulo SP.....	77
<b>Figura 36:</b> Proced. normatizados pela NBR 10.007 para amostragem de res. sól..	81
<b>Figura 37:</b> Repres. ilustrativa das amostras coletadas na CMT Pte. Peq. SP.....	82
<b>Figura 38:</b> Coleta de amostras de entrada (a) e Saída (b) CMT Pte. Peq. SP.....	83
<b>Figura 39:</b> Etiqueta de identificação da amostra.....	84
<b>Figura 40:</b> Montagem sequencial para o peneiramento grosso dos RSU secos.....	86
<b>Figura 41:</b> Pesagem diferenciada conforme precisão da amostra.....	87
<b>Figura 42:</b> Trituração das amostras de RSU secos selecionadas.....	89
<b>Figura 43:</b> Fluxograma das etapas do processo de amostragem e análise dos RSU secos provenientes da CMT Ponte Pequena. São Paulo-SP (2017 – 2018).....	91
<b>Figura 44:</b> Curvas granulométricas médias (E1+E2) e (S) – CMT Pte. Peq. SP.....	97
<b>Figura 45:</b> Curvas gran. das amostras de entrada (E1+E2) – CMP Pte. Peq. SP...	99
<b>Figura 46:</b> Curvas gran. das amostras de saída (S) – CMT Pte. Peq. SP.....	100
<b>Figura 47:</b> Comp. média grav. por coleta na Entrada (E1+E2) CMT Pte. Peq. SP.	104
<b>Figura 48:</b> Composição média gravimétrica – CMT Pte. Peq. SP.....	103
<b>Figura 49:</b> Principais tipologias presentes nas amostras de entrada – Média (E1+E2) – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP.....	105
<b>Figura 50:</b> Principais tipologias presentes nas amostras de saída – Média (S) – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP.....	106
<b>Figura 51:</b> Estratificação Média dos Plásticos (E1+E2 e S) nas 5 coletas consideradas – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP.....	107
<b>Figura 52:</b> Composição grav. por coleta indiv.–Papel/Papelão CMT Pte. Peq. SP	111
<b>Figura 53:</b> Composição grav. por coleta indiv. – Plástico - CMT Pte. Peq. SP.....	112
<b>Figura 54:</b> Composição grav. por coleta indiv.. – Rejeito - CMT Pte. Peq. SP.....	113
<b>Figura 55:</b> Composição grav. por coleta indiv.. – Metal - CMT Pte. Peq. SP.....	114
<b>Figura 56:</b> Composição grav. por coleta indiv.. – Vidro - CMT Pte. Peq. SP.....	114
<b>Figura 57:</b> Composição grav. por coleta indiv.. – Res. Perig. - CMT Pte. Peq. SP.	115
<b>Figura 58:</b> Quant. de resíduos recicl. comercializados (Maio/16)–CMT Pte. Peq...	126
<b>Figura 59:</b> Recicladores – distribuição geográfica na RMSP.....	127

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Disposição de RSU coletados no Brasil em 2017.....	19
<b>Tabela 2:</b> Metod. internacionais para caract. gravimétrica de resíduos sólidos.....	29
<b>Tabela 3:</b> Adaptação das três dimensões para o IDHM brasileiro.....	54
<b>Tabela 4:</b> Inventário das coletas de amostras (2017-2018) na CMT Pte. Pequena..	79
<b>Tabela 5:</b> Tipologia detalhada dos RSU.....	88
<b>Tabela 6:</b> Tipologia resumida dos RSU.....	88
<b>Tabela 7:</b> Inventário detalhado das coletas e análises.....	96
<b>Tabela 8:</b> Valores médios % de mat. passantes na análise gran. - CMT Pte. Peq...	98
<b>Tabela 9:</b> % de material passante por peneira granulométrica. – CMT Pte. Peq....	101
<b>Tabela 10:</b> % grav. por tipologia de material (E e S) – CMT Pte. Peq.....	109
<b>Tabela 11:</b> Gravimetria (E e S) - Desvio Padrão das Médias % - CMT Pte. Peq....	110
<b>Tabela 12:</b> Var. gran. material passante (mín., máx e médias) – CMT Pte. Peq....	118
<b>Tabela 13:</b> Variação % grav. entre as amostras de entrada das 2 CMTs de SP....	120
<b>Tabela 14:</b> Variação % grav. entre as amostras de saída das 2 CMTs de SP.....	121
<b>Tabela 15:</b> Cálculo comparativo dos Indicadores da coleta seletiva.....	124
<b>Tabela 16:</b> Indústrias de reciclagem e sua distância da CMT Pte. Peq. - SP.....	126

## LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRELPE** - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- AMLURB** – Autoridade Municipal de Limpeza Urbana
- ARGUS** - Statistik und Informationssysteme in Umwelt und Gesundheit GmbH
- ASTM** - American Society for Testing and Materials
- CA** – Certificado de Aprovação
- CEMPRE** – Compromisso Empresarial para a Reciclagem
- CGU** – Controladoria Geral da União
- CMT** – Central Mecanizada de Triagem
- CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- CTL** – Central de Tratamento de Resíduos Leste
- DGQA** – Direcção Geral da Qualidade do Ambiente
- EPA** - Environmental Protection Agency
- EPI** – Equipamento de Protecção Individual
- ERRA** - European Recovery and Recycling Association
- FAPESP** – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
- GEE** – Gases de Efeito Estufa
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBGE** – Institut Bruxellois pour la Gestion de Environnement
- IBOPE** – Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística
- IDH** – Índice de Desenvolvimento Humano
- IDHM** – Índice de Desenvolvimento Humano Municípios
- IPEA** – Instituto Pesquisa Econômica Aplicada
- IRMR** – Índice de Recuperação de Materiais Recicláveis
- IVS** – Índice de Vulnerabilidade Social
- LOGA** – Logística Ambiental de São Paulo S.A.
- LR** – Logística Reversa
- MODECOM** - Méthode de Caractérisation des Ordures Ménagères
- NBR** – Norma Brasileira
- ONU** – Organização das Nações Unidas

**PEAD** – Polietileno de Alta Densidade  
**PEBD** – Polietileno de Baixa Densidade  
**PERS** – Política Estadual de Resíduos Sólidos  
**PET** – Politereftalato de Etileno  
**PEV** – Ponto de Entrega Voluntária  
**PGIRS** – Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos  
**PIB** – Produto Interno Bruto  
**PMSP** – Prefeitura do Município de São Paulo  
**PNRS** – Política Nacional de Resíduos Sólidos  
**PNUD** – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento  
**PP** – Polipropileno  
**PS** - Poliestireno  
**PVC** – Policloreto de Vinila  
**RCC** – Resíduo da Construção Civil  
**REMCOM** - Réseau Européen de Mesures pour La Caractérisation des Ordures Ménagères  
**RMSP** – Região Metropolitana de São Paulo  
**RSS** – Resíduo de Serviço de Saúde  
**RSU** – Resíduo Sólido Urbano  
**SEADE** - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados  
**SINIR** - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos  
**SISCOR** – Sistema de Controle dos Resíduos Sólidos Urbanos  
**SISNAMA** – Sistema Nacional do Meio Ambiente  
**SNIS** – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento  
**SNVS** – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária  
**SPU** - Seattle Public Utilities  
**TR** – Taxa de Rejeito  
**TRMR** – Taxa de Recuperação de Materiais Recicláveis  
**UFABC** – Universidade Federal do ABC

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1. Resíduos Sólidos – classificação .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2. Coleta e Caracterização dos resíduos sólidos .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4. O Gerenciamento dos RS no município de SP .....</b>	<b>37</b>
3.4.1. Serviços Indivisíveis .....	42
3.4.2. Serviços Divisíveis .....	44
3.4.3. Resíduos sólidos urbanos secos .....	46
3.4.4. Resíduos sólidos urbanos úmidos .....	51
<b>3.5. Parâmetros Sociais.....</b>	<b>52</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>61</b>
<b>4.1. Levantamento do estado da arte.....</b>	<b>61</b>
<b>4.2. Visitas técnicas .....</b>	<b>61</b>
<b>4.3. Central Mecanizada de Triagem – CMT Ponte Pequena.....</b>	<b>63</b>
<b>4.4. Plano de Amostragem.....</b>	<b>78</b>
4.4.1. Método de Amostragem.....	80
<b>4.5. Granulometria .....</b>	<b>84</b>
<b>4.6. Gravimetria.....</b>	<b>87</b>
<b>4.7. Análise dos Dados.....</b>	<b>92</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>95</b>
<b>5.1. Granulometria .....</b>	<b>97</b>
<b>5.2. Gravimetria .....</b>	<b>101</b>
<b>5.3. Análise dos Parâmetros Sociais.....</b>	<b>115</b>
<b>6. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>117</b>
<b>6.1. Avaliação da Metodologia Proposta.....</b>	<b>117</b>
<b>6.2. Relação Gravimetria e Granulometria.....</b>	<b>117</b>
<b>6.3. Indicadores de Coleta Seletiva.....</b>	<b>121</b>
<b>6.4. Indústria da Reciclagem do Agrupamento Nordeste.....</b>	<b>125</b>
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>129</b>
<b>7.1. Propostas para Trabalhos Futuros.....</b>	<b>131</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>133</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>139</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional global, saindo dos atuais 7,6 bilhões para estimados 8,5 bilhões de habitantes em 2030, estima-se que em 2030 mais de 60 % dos seres humanos viverão nos grandes centros urbanos (ONU, 2018), os quais muitas vezes não conseguem se preparar para atender adequadamente os seus cidadãos, gerando assim desigualdades e desequilíbrios de ordem econômica, social e ambiental (NASCIMENTO NETO; MOREIRA, 2012).

Tal cenário Malthusiano propicia a falta de moradia, insegurança pública e precarização do saneamento básico, este definido como sendo o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2007).

Atrelado ao modelo de sociedade de consumo, que baseia-se no modo de vida urbano apoiado em um sistema capitalista produtor de mercadorias, onde o espetáculo, o efêmero, a moda e a obsolescência impõem novas e consecutivas necessidades, vivemos um tempo em que a produção de mercadorias não visa só atender à demanda, mas também criar necessidades (CORTEZ et al., 2009), que por consequência tem como produto final a geração de resíduos.

Como o consumo por parte da população é diário e dificilmente deixa de existir, a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) é ininterrupta, o que demanda uma gestão consciente de seu manejo, destinação e disposição, tanto na esfera pública como na privada. Dessa forma, há a necessidade de implantar serviços de coleta seletiva, além de promover ações de reciclagem, de maneira a valorar os resíduos descartados e reduzir os volumes dispostos em aterros (PASCHOALIN, 2014).

A questão ambiental tem sido lembrada pelas nações como, por exemplo, através de conferências como a de Estocolmo de 1972, onde discutiu-se diferentes aspectos ambientais e que resultou numa declaração sobre o direito a um mundo melhor para as gerações futuras. A partir de 1980, veio à tona a preocupação relacionada ao destino das sobras dos produtos pós-consumo, levando a um

aumento na busca por alternativas para a diminuição da quantidade de resíduos gerados (GONÇALVES-DIAS, 2006).

Atualmente, segundo o Banco Mundial, as cidades do mundo geram cerca de 2,01 bilhões de toneladas de resíduos sólidos ao ano, cuja previsão é aumentar para 3,4 bilhões de toneladas até 2050 (KAZA et al., 2018).

O manejo inadequado dos resíduos sólidos afeta adversamente o meio ambiente, por meio da poluição das águas e do solo, da emissão de gases de efeito estufa, proliferação de vetores e doenças que ocasionam prejuízos à saúde humana, dentre outros impactos conhecidos. Na gestão de resíduos sólidos, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, estes, definidos como sendo [*“resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”*] (BRASIL, 2010a).

Mas não tem sido este o cenário retratado pelas estatísticas mais recentes sobre a destinação de resíduos sólidos no Brasil. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE, em 2017 foram dispostos mais de 29 milhões de toneladas de RSU em lixões e aterros controlados em todo o país, o que equivale a mais de 80 mil t/dia ou 40,9 % do total de RSU coletado (ABRELPE, 2018), resíduo este depositado irregularmente sobre solo desprotegido e ausência de controles básicos ambiental e social.

Com dados um pouco mais otimistas, mas ainda assim preocupantes, também em 2017, segundo apontado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 10,8 milhões de toneladas de RSU coletados no Brasil foram dispostos irregularmente em lixões e aterros controlados e para outros 10,8 milhões de toneladas não houve qualquer tipo de informação prestada pelos municípios participantes do levantamento (Tabela 1). Dessa forma, é possível que aproximadamente 36% da massa de RSU coletada no país em 2017 tenha sido disposta de forma ambientalmente inadequada (BRASIL, 2019).

**Tabela 1:** Disposição de RSU coletados no Brasil em 2017

Milhões de toneladas / ano

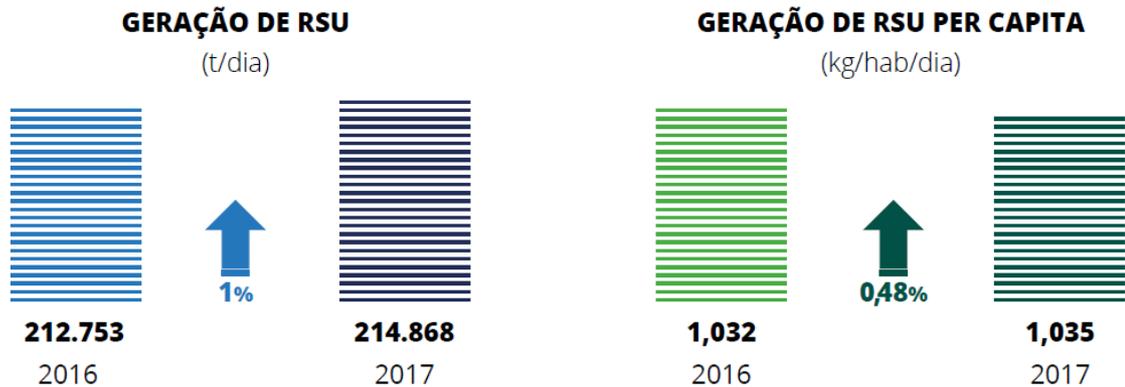
Fonte	Ano	Total coletado	Aterro Sanitário		Aterro Controlado		Lixão		Sem informação		Total
SNIS	2017	60,6	38,9	64,2%	4,9	8,1%	5,9	9,8%	10,8	18%	100,0%
ABRELPE	2017	71,6	42,3	59,1%	16,4	22,9%	12,9	18,0%	---	---	100,0%

**Fonte:** ABRELPE, 2018; SNIS, 2018

Esta disparidade entre as duas fontes pesquisadas, pode decorrer no fato de que cerca de 33 % dos municípios do país não prestaram informações ao SNIS, ao passo que a ABRELPE declara em seu panorama um índice de segurança superior a 95 % (BRASIL, 2019; ABRELPE, 2018). Independentemente destas diferenças, a Tabela 1 permite concluir que embora a maior parcela dos RSU coletados tem sido disposta em aterros sanitários, infelizmente ainda um considerável volume de RSU coletado tem causado problemas de cunho sócio ambiental, em razão de sua inadequada disposição no Brasil.

Ao considerarmos como resíduos sólidos urbanos (RSU) aqueles provenientes de atividades domésticas em residências e de limpeza urbana originários de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços de limpeza urbana (BRASIL, 2010a), observa-se pela Figura 1, um aumento na sua geração entre os anos de 2016 e 2017, da ordem de 1 % em massa, indo de encontro aos princípios da redução e não geração de resíduos, preconizados pela PNRS. Cabe refletir sobre qual rumo estamos seguindo, quando temos um índice de crescimento na geração de RSU superior ao crescimento populacional no período, que foi de 0,79 %, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), considerando ainda como agravante o atual cenário de crise econômica no qual o Brasil vem passando nos últimos anos.

**Figura 1:** Geração de RSU no Brasil em 2016 e 2017



Fonte: ABRELPE, 2018

A partir da PNRS passou-se a tratar de todos os resíduos, à exceção dos resíduos radioativos já contemplados em legislação própria, estabelecendo-se as responsabilidades públicas e privadas. Além disso, deu-se um importante passo na uniformização das normas que regulam o setor, pois, anteriormente, estados e municípios editavam suas leis sem a existência de uma diretriz nacional a seguir. No momento em que foi editada a PNRS, em 2010, já havia no país 15 políticas estaduais distintas, além de muitos municípios terem legislado sobre o tema (PEREIRA, 2016).

Outro importante aspecto previsto na PNRS é a determinação de que somente a fração considerada rejeito deve ser disposta em aterro sanitário, de forma ambientalmente adequada (BRASIL, 2010a). Com isso, a partir de agosto de 2014 deveriam ter sido extintos os lixões do país, devendo todo rejeito ser disposto em aterros sanitários. Porém, como sabido, os municípios não conseguiram atender este prazo, seja por falta de planejamento, recursos financeiros, competência técnica, dentre outras razões, e está tramitando no Senado Federal o Projeto de Lei nº 425/2014 (BRASIL, 2014), que prorroga este prazo de forma escalonada de acordo com o porte do município, podendo chegar até 2020 para municípios com menos de 50 mil habitantes.

É necessário então distinguir por definição lixão de aterro sanitário, sendo este último definido como técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança minimizando os impactos ambientais. Este método utiliza princípios de engenharia geotécnica e sanitária

como de impermeabilização do solo, cercamento, ausência de catadores, sistema de drenagem de gases, águas pluviais e lixiviado, para garantir o confinamento dos resíduos e rejeitos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-o com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário, segundo a NBR 8419 (ABNT, 1992).

No lixão, nenhum destes cuidados de prevenção do meio ambiente e da saúde pública comumente se faz presente. Em condição estrutural intermediária entre ambos, encontramos os chamados aterros controlados, considerados também como condição aquém do ideal para disposição de resíduos sólidos.

Dessa forma, o que se observa em todo país é que a fração seca dos resíduos sólidos urbanos que, atualmente, é disposta nos aterros sanitários, ainda não pode ser caracterizada apenas como rejeito.

Embora, a disposição em aterro sanitário seja ambientalmente adequada e aceitável, o fato de que, atualmente, ainda não se dispõe apenas os rejeitos gerados, acarreta a diminuição de sua vida útil, criando passivos ambientais permanentes nas regiões onde estão instalados. Assim, é necessário o fortalecimento da cultura da reciclagem, por meio da prática da coleta seletiva (ANDRADE, 2017).

Pode-se definir a reciclagem como um processo de transformação dos resíduos sólidos, como alumínio, aço, vidro, papel, plásticos, dentre outros, de acordo com padrões e condições estabelecidas pela legislação e órgão competente. Envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, tornando-os novos insumos e produtos, a partir de uma seleção específica chamada de coleta seletiva (BRASIL, 2010a; ALCANTARA, 2016). Em um grau de abrangência ainda mais amplo, GRIPPI (2001) define reciclagem como *[“a melhoria das condições ambientais e sanitárias dentro do município, a diminuição no volume de lixo que necessita ser aterrado, o aumento da vida útil do aterro, a economia de energia, a economia de matéria-prima virgem. Os benefícios sociais, geração de empregos diretos e indiretos, geração de renda com a venda do composto orgânico e de materiais recicláveis, o despertar do sentimento de cidadania”]*.

Saldaña-Durán et al. (2013) afirmam que uma das melhores opções para otimizar a gestão dos resíduos sólidos é atribuir valor agregado aos mesmos, mediante sua recuperação e transformação. Nesse sentido, para atribuir valor, é

necessário conhecer as características dos resíduos, sendo as avaliações gravimétricas e granulométricas importantes ferramentas contribuintes para se chegar a este conhecimento sobre os RSU (SALDAÑA-DURÁN, 2013).

Contudo, HABITZREUTER (2008) alerta para o fato de que o processo de caracterização de resíduos sólidos não é normatizado no Brasil e não se trata de um procedimento simples. Devido à heterogeneidade e composição gravimétrica do material, há uma consequente dificuldade em obter-se uma amostra significativa e, por conseguinte, um método em definitivo.

Segundo definição de heterogêneo, como sendo de natureza desigual, composto de elementos variados e que não apresenta uniformidade (DICIONÁRIO MICHAELIS, 2019), são assim considerados os RSU, cuja composição, forma, dimensão, local de geração, época de origem, presença de umidade, temperatura, grau de decomposição, nível de impurezas, dentre tantas outras características que conferem ao mesmo peculiaridades únicas, que o diferenciam de todos os demais materiais.

Dessa forma, o presente trabalho procurou contribuir para o melhor entendimento sobre as características no processo de triagem mecanizada da fração seca dos RSU no agrupamento Noroeste do Município de São Paulo, e seus impactos na gestão de resíduos, a partir de uma proposta para amostragem e levantamento das características gravimétricas e granulométricas dos mesmos.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa foi contribuir como fonte de pesquisa sobre as características da fração seca dos RSU do agrupamento noroeste da cidade de São Paulo, processados pela CMT Ponte Pequena, visando uma perspectiva futura de melhoria na gestão dos RSU do município de São Paulo.

Os objetivos específicos da pesquisa foram os seguintes:

a-) Propor e aplicar uma metodologia para a amostragem, acondicionamento, armazenamento e caracterização gravimétrica e granulométrica das amostras da fração seca dos RSU estudados, incluindo seus rejeitos, através de levantamento bibliográfico nacional e internacional de metodologias.

b-) Avaliar os resultados obtidos pela caracterização dos resíduos pertencentes ao agrupamento noroeste nos estágios de pré e pós triagem mecanizadas e compará-los, à luz da PNRS (2010), com outras pesquisas referentes ao município de São Paulo;

c-) Contribuir com informações obtidas pela caracterização dos RSU, quando da concepção e dimensionamento de futuros aterros sanitários, bem como, de novas Centrais Mecanizadas de Triagem.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Resíduos Sólidos – Classificação

Resíduos sólidos são definidos pela NBR 10.004 como sendo aqueles que *[“[...] resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Essa definição também abrange os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”]* (ABNT, 2004).

Já a PNRS define resíduos sólidos como *[“[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, no estado sólido ou semi-sólido, 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 técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”]* (BRASIL, 2010a).

A partir das definições acima, entende-se como necessário o gerenciamento dos resíduos sólidos quanto ao seu manejo, destinação e disposição final adequada, considerando os aspectos sociais, ambientais e econômicos.

Conhecer as características quanto à composição, bem como a origem dos resíduos sólidos é condição necessária em todas as etapas da gestão, desde seu manuseio, acondicionamento, armazenamento, transporte e destinação ambientalmente adequada, reduzindo assim os riscos inerentes a estas operações e permitindo avaliar seu comportamento, inclusive sob o ponto de vista geoambiental, durante as etapas envolvidas em sua gestão. De acordo com Davies e Campanella (1995), o termo geoambiental é o campo de estudo que integra a Geologia, Geotécnica, Meio Ambiente e as demais ciências, a fim de formar uma área de interesse que inclui todas as preocupações com o Meio Ambiente dentro do meio geológico. A caracterização geoambiental propõe uma especificação mais

abrangente dos resíduos sólidos, tratando de sua caracterização ambiental e também de ensaios para obtenção de propriedades geotécnicas, para seus mais diversos usos e aproveitamento geossustentável.

Temos pela norma NBR 10.004 (ABNT, 2004) que a periculosidade de um resíduo sólido, em razão de suas características físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar risco à saúde pública através de mortandade e incidência de doenças, ou através dos riscos ambientais, quando este for gerenciado de forma inadequada. Os resíduos sólidos são classificados como:

- a) Resíduos Classe I – Perigosos: *“são aqueles que apresentam algum tipo de periculosidade, que pode ser identificada por meio de características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade”*.
- b) Resíduos classe II – Não perigosos: os quais são divididos nas classes abaixo.
- c) Resíduos classe II A – Não inertes: *“são aqueles resíduos que não são enquadrados nem como resíduos perigosos (Classe I) e nem como resíduos inertes (Classe II B), podendo apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água”*.
- d) Resíduos classe II B – Inertes: *“são resíduos que se amostrados de forma representativa através da NBR 10.007 (Estabelece o procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos) e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, de acordo com a NBR 10.006 (Estabelece o procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se o aspecto cor, turbidez, dureza e sabor”*.

Quanto a sua origem, a PNRS classifica os resíduos sólidos da seguinte forma:

- a) *“resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;*
- b) *resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;*
- c) *resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;*

- d) *resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;*
- e) *resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;*
- f) *resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;*
- g) *resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS;*
- h) *resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;*
- i) *resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;*
- j) *resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;*
- k) *resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios” (BRASIL, 2010a).*

Assim, os resíduos sólidos urbanos são divididos em resíduos domiciliares e resíduos de limpeza urbana (também conhecidos como indivisíveis). Conhecer melhor sua geração, logística e caracterização propicia aos gestores locais planejarem e gerenciarem seus RSU, considerando tecnologias de tratamento, recursos financeiros e de infraestrutura necessários, parcerias público-privada incluindo cooperativas e terceiro setor organizado, além da própria sociedade como um todo.

### **3.2. Coleta e caracterização dos resíduos sólidos**

De acordo com Mondelli et al. (2016) e Kaza et al. (2018), o conhecimento sobre os RSU é particularmente complexo, dada sua heterogeneidade quanto as

suas características físicas, químicas e biológicas que variam de acordo com diversas questões relacionadas a origem, padrões de consumo, aspectos sociais, culturais e climáticos.

Obter as características próprias, bem como, identificar as particularidades dos resíduos sólidos, no que diz respeito à tipologia e à quantidade presente, é o que se espera de uma caracterização. A tipologia pode ser desde a(s) classe(s) a qual este resíduo pertence (classes A, B, C, D e E nos casos de Resíduo de Serviço de Saúde-RSS ou classes I, IIA ou IIB, quando se considera sua periculosidade, por exemplo), análises químicas como pH, relação carbono/nitrogênio, densidade, entre outras, mas que de forma genérica se agrupam de acordo com três aspectos principais: características físicas, químicas e biológicas (VIANA et al., 2015).

Ainda, segundo VIANA et al. (2015), o processo de caracterização envolve uma série de pré-requisitos a serem considerados desde seu planejamento, tais como: objetivos e procedimentos claramente definidos, a quantificação e delimitação das amostras a serem coletadas, equipamentos e outros recursos materiais ou de instalações necessárias e a metodologia para a coleta e tratamento dos dados, havendo pelo menos onze metodologias internacionais exclusivas para a caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos, a saber:

- Annual Book of Waste Management Standards Vol. 11.04 - American Society for Testing and Materials (ASTM);
- Méthode de Caractérisation des Ordures Ménagères (MODECOM);
- Documento Técnico nº 1 – Resíduos Sólidos Urbanos – Quantificação e Caracterização – Metodologia da Direção Geral da Qualidade do Ambiente (DGQA);
- European Recovery and Recycling Association (ERRA);
- Déchets Urbains – Natures et Caractérisation, Ed. 1993;
- MODECOM et les Colletes Separatives – Compléments au Guide Méthologique de Caractérisation des Ordures Ménagères
- Seattle Public Utilities (SPU);
- Réseau Européen de Mesures pour La Caractérisation des Ordures Ménagères (REMECOM);

- Protocolo Statistik und Informationssysteme in Umwelt und Gesundheit GmbH (ARGUS);
- Protocolo Institut Bruxellois pour la Gestion de Environnement (IBGE);
- Protocolo Environmental Protection Agency (EPA).

De acordo com a Tabela 2, é possível conhecer as especificidades de cada uma destas metodologias internacionais, e de forma prática, compará-las entre si quanto a aplicabilidade das tipologias de resíduos, o período de amostragem, seleção de amostras, padrões de coleta, número de amostras e procedimento prático para sua implementação.

**Tabela 2** – Metodologias internacionais para caracterização gravimétrica de resíduos sólidos

MÉTODO	PAÍS	APLICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
<b>ASTM VOL. 11.04 ANNUAL BOOK OF WASTE M. T STANDARDS</b>	Estados Unidos	Domiciliar, escritório, comercial e de instituições	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Período de amostragem: 1 ou 2 semanas consecutivas;</li> <li>• Seleção das amostras: aleatória dos veículos de coleta;</li> <li>• Coleta das amostras: calculado em função da composição dos resíduos sólidos ali gerados;</li> <li>• Número de amostras: calculado estatisticamente;</li> <li>• Procedimento prático: quarteamento da amostra até obter 90-140 kg; separação manual das amostras em componentes individuais e análises laboratoriais dos resíduos.</li> </ul>
<b>MODECOM</b>	França	Domiciliar (RSD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Período de amostragem: evita períodos atípicos; um ou dois mês por estação do ano e repete campanhas para confirmação dos resultados;</li> <li>• Seleção das amostras: nº de amostras mínimo de 5 por campanha independentemente das características das zonas, sendo 10 para zonas heterogêneas; escolha dos circuitos; considera semanas completas; exclui coletas urbanas de resíduos em comércio, serviços, indústria e outros; seleção aleatória; o veículo não deve ter menos de 2 t de resíduos;</li> <li>• Coleta das amostras: seleção do veículo; pesar toda carga e depois descarregar; calcula da massa total de RSD e o nº de frações (Nf) de 50 kg que representa, sendo <math>Nf=M/50</math>; a amostra a triar é definida pela escolha aleatória de 10 números entre 1 e Nf; agrupamento das frações e descarte das restantes; repete o procedimento em toda carga selecionada; coleta de resíduos finos que ficam no solo e a integra na amostra; armazena e identifica a amostra total em sacos resistentes e fechados hermeticamente;</li> <li>• Número de amostras: 5 se a população for menor que 200.000 hab. e 10 se for maior que isso;</li> <li>• Procedimento prático: triagem granulométrica (primária &gt; 100 mm, secundária de 20-100 mm e finos &lt; 20 mm); triagem primária por categoria; quarteamento dos médios e por fim a triagem secundária.</li> </ul>

Continuação – Tabela 2

MÉTODO	PAÍS	APLICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
<b>DGQA</b>  DOCUMENTO TÉCNICO Nº1	Portugal	Indiferenciados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Período de amostragem: municípios urbanos – 3<sup>a</sup>. semana de jan. e jul; rurais – 2<sup>a</sup>. sem. de jan e jul., sendo que a amostragem deve ser agendada, evitando repetição de dias da semana para o mesmo circuito e período de produtividade atípica;</li> <li>• Seleção das amostras: constituição do menor número possível de grupos de circuitos com características idênticas entre si; coleta das amostras em cada um dos grupos de circuitos distribuídos em proporção à contribuição quantitativa de grupo no município;</li> <li>• Coleta das amostras: circuito de 1 volta - coleta dos conteúdos de recipientes alternados; circuitos de 2 voltas – coleta do conteúdo de um recipiente em cada quatro; circuito de 3 voltas – coleta do conteúdo de um recipiente em cada seis. Obs: A amostra deve ter entre 2 – 3,5 t;</li> <li>• Número de amostras: 24 por ano para municípios urbanos; 10-12 para municípios rurais onde a coleta normal ocorre de 5 a 6 vezes por semana e de 6-8 por ano para municípios rurais onde a coleta ocorre em menos de 5 ou 6 dias por semana;</li> <li>• Procedimento prático: pesagem do veículo antes e depois de efetuar o circuito; quarteamento dos resíduos coletados; pesagem da amostra quarteada e tara dos recipientes; separação manual da amostra nos componentes definidos, com pesagem dos mesmos.</li> </ul>
<b>ERRA</b>	União Europeia	Domiciliar e reciclável seco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Período de amostragem: trimestral – março, junho, setembro e dezembro;</li> <li>• Seleção das amostras: tamanho da amostra selecionada em função do número de habitações do setor e grau de confiança estatisticamente desejado;</li> <li>• Coleta das amostras: redução da amostra (em peso), após seleção; peso mínimo tabelado em função do número de habitações;</li> <li>• Número de amostras: valor obtido por análise estatística dos resultados;</li> <li>• Procedimento prático: redução por quarteamento até obter entre 100 – 200 kg;</li> </ul>

Continuação – Tabela 2

MÉTODO	PAÍS	APLICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
<b>DÉCHETS URBAINS, NATURES ET CARACTÉRISATION ED. 1993</b>	Suíça	Domiciliar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Período de amostragem: pré-campanha – 1 semana; campanha de identificação – 4 semanas por trimestre; campanha complementar – 2 semanas;</li> <li>• Seleção das amostras: pré-campanha para escolher a quantidade mínima representativa de amostras a caracterizar; cálculo da quantidade mínima de amostra representativa; método de seleção aleatório;</li> <li>• Coleta das amostras: pré-campanha – 2 ton.; campanha de identificação – 11 ton. por trimestre; campanha complementar – 5 ton.;</li> <li>• Número de amostras: coletas bissemanais de 800 a 1000 kg em duas amostras de 400 – 500 kg, em ambos os dias da semana; coletas trissemanais de 900 – 1200 kg em três amostras de 300 – 400 kg nos três dias da semana; coletas semanais de 600 – 700 kg;</li> <li>• Procedimento prático: descarga do caminhão de coleta; coleta de amostras de 100 kg; registro do peso de cada saco domiciliar para aferir a quantidade de resíduos contidos em função do volume do saco; registro de dados e pesagem pela mesma pessoa durante toda campanha; pesagem do recipiente de cada categoria ou tipologia; campanha complementar para recalcular com precisão a distribuição estatística dos resultados.</li> </ul>
<b>MODECOM COLETA SELETIVA</b>	França	Domiciliar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Período de amostragem e seleção das amostras: não definido;</li> <li>• Coleta das amostras: quantidade de amostras a coletar em função do fluxo alvo; é necessário estabelecer previamente uma relação volume/peso em função das características dos materiais – realizam-se assim 10 amostragens preliminares para obter o peso requerido para a amostra;</li> <li>• Número de amostras: não definido;</li> <li>• Procedimento prático: a amostra a caracterizar de resíduos domiciliares deverá ter 500 kg brutos; a amostra deverá ser triada em pelo menos 13 categorias.</li> </ul>

Continuação – Tabela 2

MÉTODO	PAÍS	APLICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
<b>SPU</b> SEATTLE PUBLIC UTILITIES	Estados Unidos	Domiciliar e comercial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Período de amostragem: 12 meses (sazonalidade); 2 dias consecutivos/mês e de 13 a 14 amostras por dia. Obs.: distribuição aleatória entre dias da semana e as semanas dos meses para aumentar a representatividade da amostra;</li> <li>• Seleção das amostras: geração aleatória de um número de amostras via computador, onde cada número corresponde a um veículo de coleta; seleção feita por setor e dia de amostragem; procedimento repetido até haver um número suficiente de veículos selecionados para cada setor, em cada dia;</li> <li>• Coleta das amostras: a área de intervenção é dividida em dois setores de acordo como tipo de coleta e o tipo de área abrangida; distribui-se a coleta de amostras em 2/3 no setor onde se recolhe 60 % dos resíduos e 1/3 no outro setor;</li> <li>• Número de amostras: área comercial – total de 347; área residencial – total de 309;</li> <li>• Procedimento prático: registro do peso líquido da amostra recolhida pelo veículo, sendo a amostra colocada em um coletor de cerca de 4,5 m<sup>3</sup>; amostra com cerca de 113 kg; seleção manual segundo 89 categorias, com análise de dados da composição média em peso.</li> </ul>
<b>REMECOM</b>	União Europeia	Domiciliar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Período de amostragem: definido também em função da metodologia a ser aplicada;</li> <li>• Seleção das amostras: o usuário escolhe um dos quatro tipos de métodos de amostragem proposto nesta metodologia; alerta para a impossibilidade de definir um método de amostragem único, pois este depende de condicionantes próprias de cada país; refere qual a metodologia de amostragem de quatro países colaboradores: a partir do veículo de coleta (França – MODECOM), por coleta porta-a-porta (ARGUS – Alemanha, IBGE – Bélgica, EPA – Irlanda);</li> <li>• Coleta das amostras: definido em função da metodologia a aplicar;</li> <li>• Número de amostras: definido em função da metodologia a aplicar;</li> <li>• Procedimento prático: a triagem no REMECOM baseou-se no procedimento MODECOM.</li> </ul>

Continuação – Tabela 2

MÉTODO	PAÍS	APLICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
<b>PROTOCOLO ARGUS</b>	Alemanha	Domiciliar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Período de amostragem: segundo estação do ano, incluindo obrigatoriamente a primavera e ou outono; número de estudos 4/ano e 1/estação;</li> <li>• Seleção das amostras: <u>pelo tamanho do coletor</u>, onde o volume do coletor e a composição dos resíduos são considerados nesta etapa; agrupamento da área com coletores de volume idênticos; <u>pela estrutura social</u>, onde a sensibilização social de famílias numerosas e com dificuldades econômicas tem menor consciência de gestão de resíduos, além do comportamento do consumidor residente em zonas comerciais com diferentes hábitos em relação aos de zona rural ou outras áreas urbanas com diferentes tendências de consumo, e por fim, <u>por tipo de coletor</u>, diferenciando onde há resíduos domésticos com coleta de biodegradáveis e onde não há tal coleta destes resíduos;</li> <li>• Coleta das amostras: amostragem aleatória com no mínimo 30 amostras unitárias; onde cada amostra deve representar cerca de 1 m<sup>3</sup> de resíduos; divisão das amostras unitárias pelos setores estratificados em função da produção de resíduos domiciliares de cada um; mínimo de 56 amostras unitárias, por setor; cada amostra unitária por setor é constituída pela reunião das amostras selecionadas aleatoriamente a partir dos coletores desse setor;</li> <li>• Número de amostras: 30 amostras unitárias por área de intervenção; mínimo de 6 amostras unitárias por setor;</li> <li>• Procedimento prático: coleta das amostras dos coletores no dia habitual de coleta, antes da chegada do veículo de coleta regular; transporte dos resíduos em um caminhão equipado com coletores de 1 m<sup>3</sup> de capacidade; registro de informações dos geradores, tais como: endereço, número de residências, número e tipo de coletores, grau de saturação do coletor e frequência de coleta.</li> </ul>

Continuação – Tabela 2

MÉTODO	PAÍS	APLICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
<b>PROTOCOLO IBGE</b>	Bélgica	Indiferenciados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Período de amostragem: variável de acordo com o tipo de resíduos, frequência de coleta e hábitos da população; a duração da campanha deverá ser um valor múltiplo desse período mínimo; a distribuição da campanha ao longo do ano é importante para reduzir a influência de fatores sazonais;</li> <li>• Seleção das amostras: definir critérios de população que influenciam na produção de resíduos; repartir quantitativamente e geograficamente as habitações da zona de estudo, segundo critérios definidos; associar os critérios de modo a formar tipos de população representativa da zona em estudo; registrar o número de habitações alvo da amostragem por tipo de resíduos domiciliares; coletar os resíduos das habitações previamente ao veículo de coleta habitual;</li> <li>• Coleta das amostras e Procedimento prático: não definido;</li> <li>• Número de amostras: retirar uma amostra suficientemente grande para cada tipo de população;</li> </ul>
<b>PROTOCOLO EPA</b>	Irlanda	Domiciliar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Período de amostragem: não definido;</li> <li>• Seleção das amostras: estudar a origem dos resíduos em cada região administrativa – urbana e rural; categorização da zona de estudo em classes sociais;</li> <li>• Coleta das amostras: cada estudo deverá incluir no mínimo 50 habitações, para uma amostra de cerca de 1000 kg; definições do tamanho da amostra dependente do número de habitações da zona de amostragem; a metodologia tem valores definidos que relacionam o número de habitações por setor e o número de habitações a serem selecionadas;</li> <li>• Número de amostras: não definido;</li> <li>• Procedimento prático: registrar a tara do caminhão selecionado; não informar habitações alvo, evitando interferências no dia habitual da coleta; o veículo é pesado antes da descarga; recomenda-se a coleta de 5000 kg de amostra, obtida por quarteamento – redução até 100 – 200 kg.</li> </ul>

**Fonte:** Adaptado de CRUZ, 2005

No Brasil, encontramos pesquisas relacionadas à metodologia de caracterização de resíduos sólidos, como por exemplo PEREIRA (2012), que realizou a caracterização gravimétrica dos resíduos de Ilha Solteira (São Paulo) após o despejo de caminhões no aterro sanitário da região, sendo a carga homogeneizada manualmente e dividida em 03 partes de volumes semelhantes, para após serem retiradas amostras de 200 litros de cada parte, na qual foi realizada a caracterização gravimétrica.

SOARES (2011) realizou a caracterização gravimétrica dos resíduos do aterro sanitário da CTR-Nova Iguaçu (Rio de Janeiro), através da coleta de amostras de 240 L cada em pontos aleatórios da pilha, após a disposição do resíduo pelo caminhão escolhido no aterro. Posteriormente, os RSU foram encaminhados para um galpão onde foram depositados sobre uma lona plástica no interior de um quadrado tendo como finalidade a execução do processo de homogeneização e quarteamento, até que se obteve o volume final desejado: uma amostra com aproximadamente 100 kg de RSU, a qual foi encaminhada para a caracterização gravimétrica.

HABITZREUTER (2008) também desenvolveu um método para a análise da composição gravimétrica dos RSU da região de Santa Maria - RS, onde foram coletadas uma amostra por mês de aproximadamente 100 kg durante três meses. Foi aplicado o método de quarteamento do resíduo despejado pelo caminhão de coleta nas cooperativas, sendo tais amostras analisadas e caracterizadas gravimetricamente. Posteriormente, o material analisado foi novamente misturado e enviado para a triagem convencional da cooperativa para finalmente ser realizada uma nova caracterização gravimétrica a fim de verificar a composição gravimétrica do rejeito após a triagem pela cooperativa.

As análises gravimétrica e granulométrica são, portanto, importantes ferramentas na criação de modelos de gestão de RSU mais adequados e eficientes, contribuindo assim com os Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

### **3.3. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos**

Considerados como importantes instrumentos para viabilidade da PNRS, os Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, cuja abrangência divide-se em

Plano Nacional, Estadual, Microrregional, Intermunicipal, Municipal e de fontes geradoras específicas, respeitadas sua delimitação política-regional, consideram aspectos de diagnóstico dos resíduos sólidos, proposições e tendências de cenários, metas, programas e ações para seu atingimento, bem como, meios e recursos para seu cumprimento, gestão e fiscalização, envolvendo os atores sociais, inclusive no acesso ao seu conteúdo por meio de ampla publicidade (BRASIL, 2010b).

Por considerar necessário o diagnóstico dos resíduos sólidos para a elaboração e operacionalização dos Planos, a PNRS fez com que o processo de caracterização começasse a ganhar visibilidade e se firmasse como base de elaboração dos mesmos (VIANA et al., 2015).

Segundo a Controladoria Geral da União CGU (2017), ainda não houve os avanços esperados em relação à meta de eliminação dos lixões e foram identificadas as seguintes fragilidades:

*[...](a) Elaboração e revisão do Plano Nacional de Resíduos Sólidos: versão preliminar do Plano não foi publicada e somente em 2019, ou seja, nove anos após a instituição da PNRS é que se tem a perspectiva de se ter um Plano Nacional aprovado e válido;*

*(b) Organização do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos – SINIR: a versão atual do sistema não atende as exigências de informações previstas no regulamento da PNRS e tampouco cumpre a finalidade prevista;*

*(c) Descontinuidade do aporte de recursos aos entes federados e aos consórcios: houve descontinuidade do aporte de recursos orçamentários para a elaboração de planos de resíduos sólidos e ausência de ações atuais de incentivo aos consórcios de manejo de resíduos sólidos;*

*(d) Elaboração dos Planos Estaduais e Intermunicipais de Resíduos Sólidos: apenas doze Estados já elaboraram seus Planos, o que representa cerca de 45 % dos mesmos;*

*(e) Elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS: apenas 2.325 municípios declararam possuir Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;*

*(f) Implantação da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos: 3.355 municípios ainda não dispõem de infraestrutura de aterro sanitário, ou seja, 60 % dos municípios brasileiros[...].*

Por este diagnóstico da CGU, a morosidade quanto a elaboração e implantação dos Planos de Gerenciamento de Resíduos, independente da escala de atuação, tem afetado o efetivo atendimento às diretrizes da PNRS.

Anterior à PNRS, o estado de São Paulo instituiu em 2006 sua Política Estadual de Resíduos Sólidos - PERS, através da Lei Estadual nº 12.300, que em seu regulamento pelo Decreto Estadual nº 54.645, 3 anos depois, definiu os pilares da caracterização dos resíduos de acordo com sua origem e a necessidade da gestão compartilhada e integrada dos mesmos.

Em 2014, o estado de São Paulo estabeleceu também seu Plano Estadual de Resíduos Sólidos, composto por quatro bases: o panorama dos resíduos; o estudo da regionalização e proposição de arranjos intermunicipais; a proposição de cenários e as diretrizes, metas e ações que tratam das estratégias a serem adotadas ao longo de dez anos para assegurar sua efetiva implementação (Governo do Estado de SP, 2014).

### **3.4. O Gerenciamento dos resíduos sólidos no município de São Paulo**

O crescimento populacional traz diversas pressões às cidades, que muitas vezes não conseguem se preparar para atender adequadamente aos seus cidadãos, gerando assim desigualdades econômicas, sociais e ambientais. Soma-se a isso, o consumo exacerbado, uma das características da sociedade atual, havendo conseqüentemente, um aumento contínuo na produção de resíduos sólidos domésticos e industriais. As regiões metropolitanas respondem por 60 % dessa produção e a destinação dos resíduos nem sempre ocorre de maneira adequada (PEREIRA, 2016).

O Decreto nº 7.404/2010 que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabeleceu o vínculo entre o plano municipal de resíduos sólidos e os planos de saneamento básico, no que tange ao componente de limpeza urbana, tendo como manejo de resíduos sólidos urbanos o incentivo ao seu adequado tratamento (BRASIL, 2010b).

O tema de resíduos sólidos é classificado como de interesse local, sendo amparado pela Constituição Federal de 1988, que declara como competência municipal *“organizar e prestar diretamente ou sob regime de concessão ou permissão os*

*serviços públicos de interesse local, incluindo o de transporte coletivo, que têm caráter essencial” (BRASIL, 1988, art. 30).*

Com uma área total de 1.521,110 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 12.176.866 habitantes em 2018, São Paulo figura como a cidade mais populosa do Brasil (IBGE, 2019).

Enfrenta também enormes desafios na gestão de seus resíduos sólidos, cujas atribuições e responsabilidades permeiam seus governantes, o setor privado, terceiro setor e cidadãos. Ao considerarmos ainda a região metropolitana de São Paulo, com mais de 21 milhões de habitantes, esta ocuparia o posto de 4<sup>a</sup> maior população do planeta, ficando atrás apenas da grande Tóquio, Délhi e Shangai, respectivamente (ONU, 2018).

O município de São Paulo é hoje também o principal centro financeiro, corporativo e mercantil do Brasil, com um PIB da ordem de 687 bilhões (FUNDAÇÃO SEADE, 2016), contribuindo com aproximadamente 12 % do PIB brasileiro. Embora gerador de tamanha riqueza e importância econômica, São Paulo não é o município brasileiro com melhor Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, que leva em conta indicadores de longevidade, educação e renda da população, com seu índice de 0,805, figurava em 2010 em 28<sup>º</sup> lugar no ranking divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, no Ranking IDHM Municípios (PNUD, 2010).

Atender as políticas e planos de meio ambiente, como proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, devem ser premissas básicas a serem assumidas pelos gestores públicos. Estimular os cidadãos a adotarem padrões de sustentabilidade de produção e consumo, incentivo à reciclagem com a universalização de forma integrada da prestação dos serviços de coleta, limpeza pública e destinação ambientalmente adequada de seus resíduos, em detrimento à arrecadação fiscal em muito comprometida com custeio de pessoal e demais atribuições constitucionais aos Prefeitos, como saúde e educação básica, se traduz em importante desafio para o município de São Paulo.

Em consonância com a PERS, a cidade de São Paulo revisou em 2014 seu Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS, anteriormente elaborado em 2012, e definiu como principais diretrizes:

- Máxima segregação de resíduos nas fontes geradoras e sua valorização, com o incentivo à retenção de resíduos na fonte;
- Elaboração de um plano de triagem na fonte de resíduos domiciliares orgânicos, resíduos domiciliares recicláveis secos, resíduos da construção civil, resíduos orgânicos de feiras, sacolões, dentre outros;
- Indução de práticas de coleta seletiva para empresas que tenham planos de gerenciamento de resíduos sólidos; e
- Implementação de um plano municipal de educação ambiental, com forte ênfase nos resíduos, e em programa de educação ambiental permanente na Autoridade Municipal de Limpeza Urbana - AMLURB, voltado para a conscientização da população sobre a importância da não geração de resíduos, sua redução e reutilização (PMSP, 2014).

No município de São Paulo, a gestão dos resíduos e limpeza urbana ficam a cargo da AMLURB, autarquia vinculada à Secretaria Municipal das Subprefeituras, criada em 2002 pela Lei 13.478 (PMSP, 2002)

O custeio médio da cidade de São Paulo com o gerenciamento dos resíduos sólidos equivale a quase 4 % de toda sua arrecadação, correspondendo a R\$2,01 bilhões de um orçamento anual de R\$50,6 bilhões (PMSP, 2014). Segundo Kaza et. al (2018), nos países de baixa renda, compreende quase 20 % dos orçamentos municipais, enquanto nos países de média e alta renda, o gerenciamento de resíduos sólidos corresponde por mais de 10 % e 4 %, respectivamente, dos orçamentos municipais médios.

Segundo o último Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, disponibilizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a despesa total com o manejo dos resíduos sólidos no município de São Paulo foi reduzida de R\$228,00 em 2016 para R\$199,31 per capita/ano em 2017, valor ainda assim superior à média nacional de R\$121,62 (BRASIL, 2019).

Quanto a massa de RSU coletada no município da ordem de 1,1 kg/hab/dia em 2012, variando significativamente entre as Subprefeituras, onde temos os extremos na Cidade Tiradentes e Pinheiros, cuja massa coletada per capita foi de

0,63 e 1,73 kg/hab./dia, respectivamente (PMSP, 2014). Segundo o SNIS, a média nacional é de 0,92 kg/hab./dia (BRASIL, 2019).

Tal diferença pode ser melhor entendida ao se analisar as características sociais e econômicas das Subprefeituras que compõem estes extremos. Por exemplo, as 10 Subprefeituras onde está inserida a de Pinheiros, onde há maior geração de RSU per capita, são localidades com população de perfil sócio econômico de renda mais elevada, onde também se concentram empregos e serviços consumidores e geradores de resíduos.

Quando a avaliação é realizada entre os dois agrupamentos, também percebemos diferenças significativas, pois enquanto no noroeste a geração é superior a 1,2 kg/hab./dia, no agrupamento sudeste temos 1,0 kg/hab./dia, em média (PMSP, 2014).

Administrativamente, o município divide-se em 32 Subprefeituras e 96 distritos, caracterizados como estruturas administrativas de gestão local descentralizadas, cuja concentração populacional colocaria cada uma destas Subprefeituras entre os 85 maiores municípios brasileiros, como vemos na Figura 2 (PMSP, 2014).

Tanto a coleta domiciliar quanto a limpeza das vias é realizada por consórcios formados por empresas privadas. No município, há também a configuração da coleta de grandes geradores, cuja responsabilidade é atribuída ao próprio gerador que produzir volume superior a 200 L/dia de resíduos, ou quando se tratar de condomínios empresariais e residenciais geradores de volume superior a 1000 L/dia, devendo estes, contratarem empresas privadas cadastradas pela AMLURB para realizarem a coleta, transporte e destinação, disposição final ambientalmente adequada destes resíduos.

Figura 2: Regiões, Subprefeituras e Distritos do Município de São Paulo



Fonte: PMSF, 2019c.

Estruturalmente, as concessões para coleta pública e limpeza urbana em São Paulo, são divididas em Serviços Indivisíveis e Serviços Divisíveis, conforme detalhado a seguir.

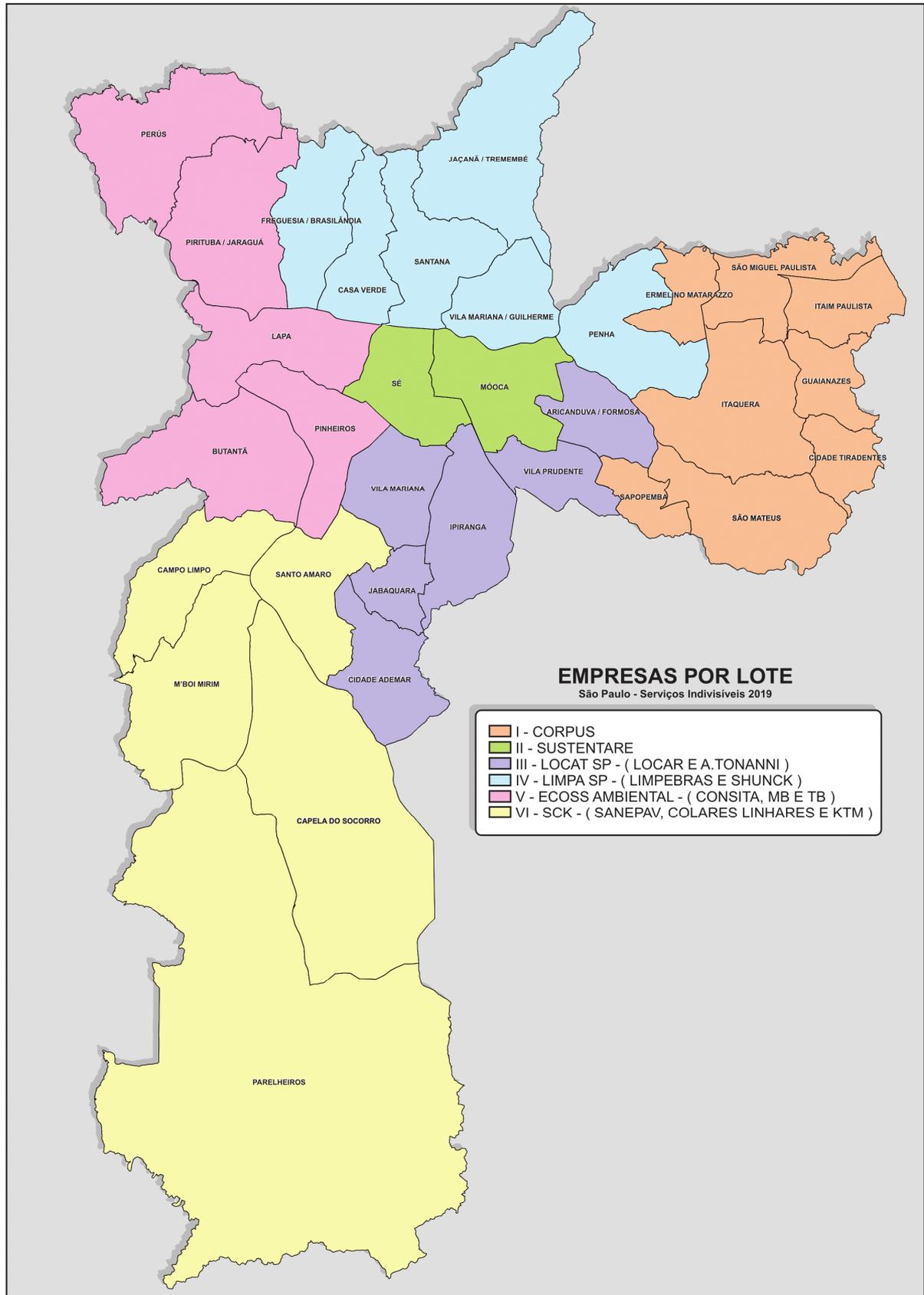
### 3.4.1. Serviços Indivisíveis

Conhecidos também como serviços onde não há possibilidade de se identificar o gerador, os serviços de gestão dos resíduos tipificados como indivisíveis são operados por consórcios, e em junho de 2019 foi realizada uma nova divisão para a zeladoria do município, conforme Figura 3.

Passando de 2 para 6 consórcios agora, as atividades atribuídas pela AMLURB para cada um deles em suas respectivas áreas de atuação, compreendem o seguinte escopo (PMSP, 2019a):

- Varrição em Vias Públicas e Coleta dos resíduos;
- Lavagens Especiais de Equipamentos Públicos (Túneis, Escadarias e Passarelas);
- Limpeza e Conservação de Monumentos Públicos;
- Disponibilização de Lixeiras e outros Equipamentos de Recepção de Resíduos;
- Operação dos 5 pátios de compostagem;
- Desobstruções de Bueiros e Boca de Lobo;
- Pintura de meio fio e afins;
- Capinação e roçada do leito das ruas e Canteiros Centrais;
- Coleta e Transporte e Destinação de Resíduos nos Pontos de Descartes Irregulares;
- Operações de Emergência;
- Limpeza de áreas externas e internas de núcleos habitacionais de difícil acesso;
- Raspagem e a Remoção da terra, areia e quaisquer materiais carregados pelas águas pluviais para as ruas e logradouros públicos pavimentados;
- Limpeza de Feiras Livres;
- Destinação dos resíduos recicláveis às cooperativas e às 2 CMTs;
- Equipes de Eventos Especiais;

**Figura 3:** Área de concessão da coleta de resíduos indivisíveis no Município de São Paulo



Fonte: PMSP, 2019a.

As concessionárias administram também os 102 Eco pontos distribuídos por toda cidade, possibilitando ao cidadão a entrega voluntária 7 dias por semana dos resíduos inservíveis, tais como resíduos de construção e demolição de pequenos geradores (até 1 m<sup>3</sup>), grandes objetos como móveis, poda de árvores e resíduos recicláveis. Somente no ano de 2018, 413.822,13 t de resíduos foram recebidos pelos Eco pontos Municipais (PMSP, 2019e).

O intento da Prefeitura é reduzir os chamados “Pontos Viciados” pela cidade, locais tipicamente usados indevidamente para despejo irregular de resíduos inservíveis, acarretando poluição paisagística, prejuízos ao sistema de drenagem pluvial e atração de vetores, sendo tal ato passível de sanções e multas.

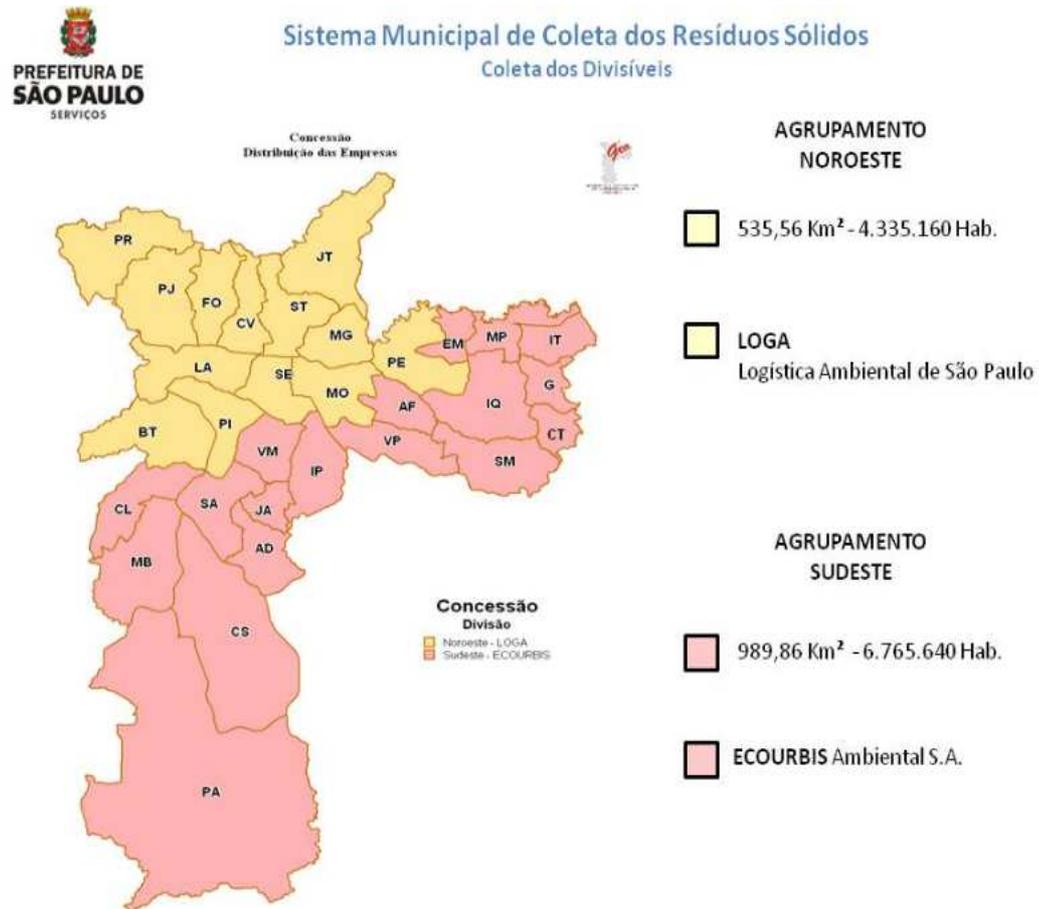
#### 3.4.2. Serviços Divisíveis

Em conformidade com a Lei Municipal 13.478/02, a Prefeitura de São Paulo concedeu em regime público os serviços de prestação de serviços divisíveis de limpeza urbana, onde foram contratadas as concessionárias LOGA – Logística Ambiental de São Paulo S.A, responsável pela prestação dos serviços no agrupamento Noroeste, abrangendo a região central, norte, oeste e pequena parte da leste do município, ficando o agrupamento Sudeste, composto pelas zonas sul e leste restante, a cargo da concessionária Ecourbis, conforme Figura 4.

Serviços divisíveis caracterizam-se como sendo aqueles passíveis de identificação do domicílio gerador, como por exemplo os resíduos domiciliares, incluindo os da coleta seletiva, bem como os resíduos de serviço de saúde (PMSP, 2019b).

As duas empresas concessionárias também assumiram contratualmente com a prefeitura a administração e monitoramento dos já encerrados Aterros Bandeirantes (Distrito de Perus) e Vila Albertina (Distrito de Tremembé), além da operação dos transbordos da Ponte Pequena, sob responsabilidade da LOGA. A Ecourbis administra e monitora os aterros já encerrados de São Mateus, Santo Amaro e São João e em atividade a Central de Tratamento de Resíduos Leste (CTL), além da operação dos transbordos Vergueiro e Santo Amaro (PMSP, 2014)

**Figura 4:** Área de concessão da coleta de resíduos divisíveis no Município de São Paulo



Fonte: PMSP, 2019b.

No caso de metrópoles como São Paulo, áreas de transbordo são necessárias para aumentar a eficiência no processo logístico de coleta, considerando principalmente as grandes distâncias entre os pontos de coleta, destinação e disposição. Assim, estima-se que o montante de resíduos despejados por cerca de três caminhões compactadores, resulta na carga de uma única carreta que é carregada no transbordo para o transporte desses resíduos para disposição no aterro sanitário. Segundo dados da AMLURB, em 2018 aproximadamente 11 mil t/dia de RSU passaram pelas três estações de transbordo da capital:

- ❖ Transbordo Ponte Pequena, localizado no bairro do Bom Retiro, atendendo aos bairros da região Noroeste, administrado pela LOGA;
- ❖ Transbordo Vergueiro, localizado no bairro do Ipiranga, administrado pela Ecourbis;

- ❖ Transbordo Santo Amaro, localizado no bairro de mesmo nome, também administrado pela Ecourbis (PMSP, 2018).

Ambas concessionárias também foram demandadas a instalarem e a operarem Centrais Mecanizadas de Triagem – CMT desde 2014, sendo a da LOGA localizada na Ponte Pequena e a da Ecourbis, a CMT Carolina Maria de Jesus, em Santo Amaro.

### 3.4.3 Resíduos Sólidos Urbanos Secos

Em São Paulo, o sistema de gestão dos RSU secos conta com a disponibilização de contentores em Eco pontos, coleta porta-a-porta, pontos de entrega voluntária – PEV e duas Centrais Mecanizadas de Triagem, cuja capacidade total instalada das CMT's corresponde a 500 t/dia (SÃO PAULO, 2014). Em todo ciclo, as empresas concessionárias contam com o apoio de diversas Cooperativas de materiais recicláveis cadastradas em seus respectivos agrupamentos.

Os resíduos provenientes da coleta seletiva porta-a-porta coletados são encaminhados tanto para as Cooperativas que fazem a triagem toda manual, quanto para as CMTs, conforme conveniência logística dos pontos geradores. Após separados e enfardados, estes resíduos são comercializados pela Prefeitura junto aos recicladores.

Segundo GUNTHER e GRIMBERG (2006), um desafio significativo para os municípios, sendo responsáveis pelos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, é a transição do atual modelo de gestão de resíduos, baseado no aterramento, para um modelo voltado à coleta seletiva, reciclagem e inclusão social.

Como afirma BESEN et al. (2014), a coleta seletiva com inclusão de catadores organizados tornou-se uma política pública e foi incorporada inicialmente, em 2007 na Política Nacional de Saneamento Básico e posteriormente de forma definitiva pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, uma vez que antes destes marcos legais as prefeituras não possuíam instrumentos que justificassem a contratação de organizações de catadores para a prestação de serviço da coleta seletiva sem licitação, e as organizações, por sua vez, não atendiam aos requisitos

legais para a contratação. Com isso, a partir da Política Nacional de Saneamento Básico, passou a haver a possibilidade de dispensa de licitação para a contratação de cooperativas ou associações de catadores.

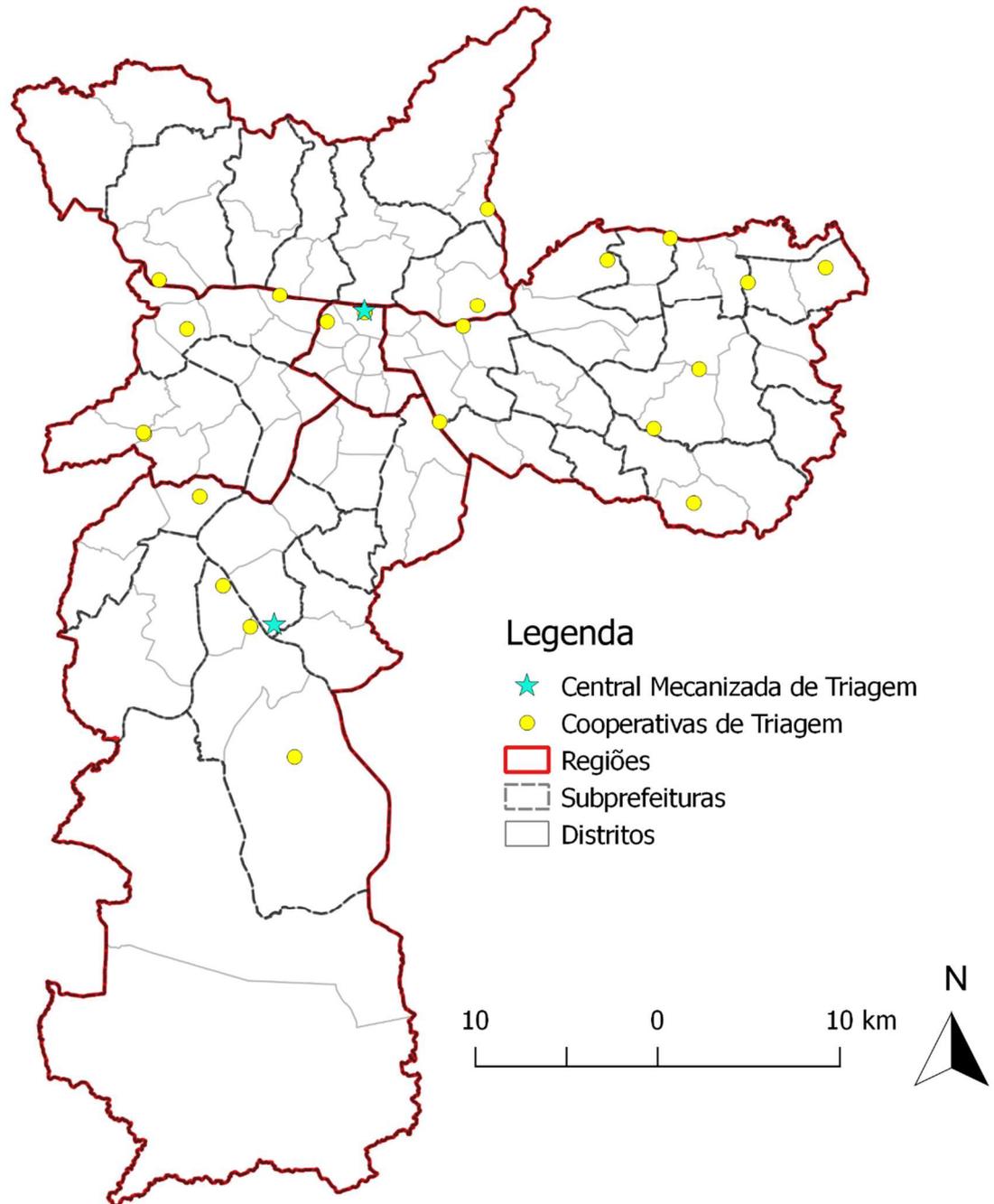
As associações de reciclagem e cooperativas surgiram no Brasil no final dos anos 1980 e começo da década de 1990 nas cidades de Belo Horizonte, Porto Alegre e São Paulo (BESEN, 2014). Segundo o Instituto Pesquisa Econômica Aplicada IPEA (2012), este novo modo de organização do trabalho possibilitou aumentar a capacidade de negociação tanto com os geradores dos resíduos sólidos, quanto com o poder público, permitindo assim a venda dos materiais segregados em maior escala de volume, por um melhor preço, diminuindo ou até mesmo eliminando, em alguns casos, a figura do intermediário ou atravessador.

Ainda segundo o Relatório “Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável”, elaborado pelo IPEA, no ano de 2010 existiam no Brasil aproximadamente 400 mil catadores de resíduos recicláveis, em sua maioria alocados na região Sudeste, dos quais somente 10 % possuíam algum vínculo com cooperativas ou associação de catadores (IPEA, 2012).

Ao incentivar a criação, o desenvolvimento e a inclusão de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nos processos de coleta seletiva dos municípios, a PNRS teve um papel significativo para este grupo formado por pessoas físicas de baixa renda, favorecendo tais municípios por meio do acesso prioritário à recursos financeiros da União (BRASIL, 2010a). Em seu regulamento, a PNRS também visa estimular as políticas voltadas aos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, através do “[...] estímulo à capacitação, à incubação e ao fortalecimento institucional de cooperativas, bem como, à pesquisa voltada para sua integração nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos [...]” (BRASIL, 2010b).

Apesar da questão ambiental não ser o foco das cooperativas, já que questões socioeconômicas são de maior relevância para os cooperados, elas contribuem para o aumento da vida útil dos aterros sanitários e ao mesmo tempo colaboram para a redução da poluição através de resíduos sólidos ao promoverem a reinserção dos resíduos na cadeia produtiva. Na Figura 5 é possível visualizar a distribuição das 20 Cooperativas existentes pela cidade, bem como a localização das 2 CMTs.

**Figura 5** – Cooperativas e CMTs instaladas no município de São Paulo



**Fonte:** Jacinto, 2019

Outro importante mecanismo trazido com destaque pela PNRS foi a necessidade da regulamentação e expansão da Logística Reversa - LR, assim definida como um conjunto de atividades e práticas que funcionam como uma ferramenta que permite que o resíduo sólido seja coletado e retorne para os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, com intuito de fechamento

da cadeia produtiva num ciclo sustentável, ou para que seja feita a correta destinação dos mesmos (BRASIL, 2010a).

A LR pode ser implantada basicamente de três formas:

- Acordos Setoriais – contratos firmados entre o poder público e os principais atores na produção, distribuição e venda de bens de consumo (exemplo: Acordo Setorial para embalagens plásticas usadas de óleo lubrificante, lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio, mercúrio e luz mista, além de embalagens em geral);
- Regulamentos – os regulamentos expedidos pelo poder público tem o poder de implementar a LR por meio de Decreto, precedido de consulta pública;
- Termos de Compromisso – instrumento legal celebrado entre os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes e o poder público, quando não houver nenhum tipo de Acordo Setorial ou regulamento específico (BRASIL, 2010a)

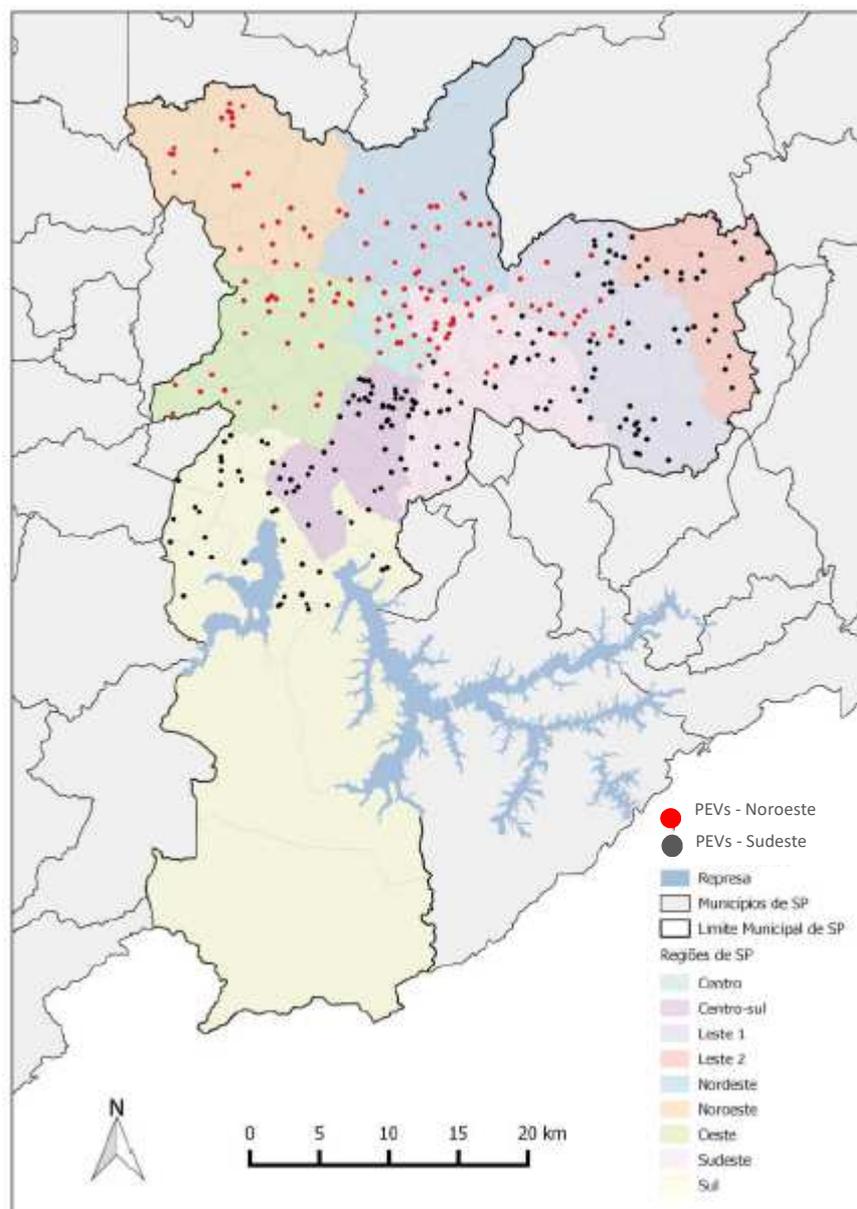
Por meio de acordos setoriais e termos de compromisso, a iniciativa privada também disponibiliza PEV para coleta de resíduos pertencentes à Logística Reversa, principalmente aqueles de difícil reciclagem, como: eletroeletrônico, pilha, bateria, pneu, lâmpada, óleo de cozinha e embalagem de óleo lubrificante, de modo que os consumidores finais, comerciantes, importadores e distribuidores possam retornar seus produtos e embalagens aos seus fabricantes.

O PEV é um local que conta com um ou mais contentores (dispositivos para armazenamento de resíduos) para o transbordo de materiais recicláveis (papel, vidro, metal, etc.) ou de difícil reciclagem (pilhas, pneus, óleo de cozinha, etc.) onde os consumidores podem fazer o descarte correto (CEMPRE, 2014). Sua gestão pode ser feita pelo poder público, em regime complementar ao serviço de coleta porta-a-porta, ou por empresas privadas.

Pela Figura 6 é possível constatar que nas Zonas Noroeste, Nordeste e Sul da cidade de São Paulo há uma grande deficiência de PEV's, além disso, também há dois grandes vazios nas Zonas Oeste e Leste 1. Ademais, os PEV's existentes encontram-se razoavelmente bem distribuídos. Embora tais equipamentos visam

complementar a coleta seletiva porta-a-porta, nota-se que apesar de presentes, mostram ser um equipamento insuficiente frente à escala de problema na metrópole de São Paulo, uma vez que foram responsáveis pela coleta de apenas 0,05 % de todos os resíduos potencialmente recicláveis gerados em 2017 no município, enquanto a coleta seletiva porta-a-porta representou pouco mais de 5 % (LOPES, 2018).

**Figura 6** – Localização dos endereços dos PEV's públicos no Município de São Paulo

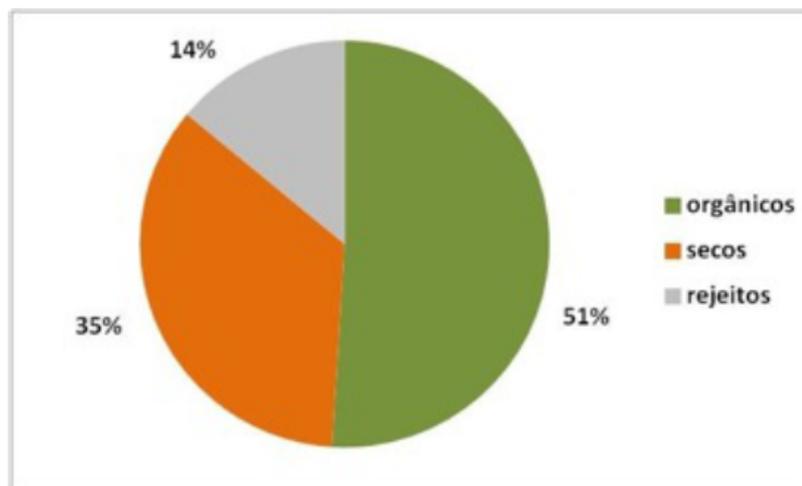


Fonte: Adaptado de LOPES, 2019

### 3.4.4 Resíduos Sólidos Urbanos Úmidos

Não menos importante que a fração seca, com mais da metade dos RSU composta por resíduos orgânicos (Figura 7), estes são caracterizados por sobras de preparo e consumo de alimentos, podas e manutenção de áreas verdes e limpeza de feiras livres. Há grande potencial de processamento através da compostagem, evitando sua disposição em aterros o que contribui adversamente com a redução de sua vida útil e com o aumento das emissões de gases de efeito estufa GEE durante o seu transporte rodoviário e a sua decomposição biológica (PMSP, 2014).

**Figura 7** – Composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de São Paulo



**Fonte:** PMSP, 2014

Com recentes inaugurações de Pátios de Compostagem dos resíduos provenientes de Feiras Livres, a Prefeitura conta atualmente com 5 unidades localizadas em Ermelino Matarazzo, São Mateus, Lapa, Sé e Mooca (PMSP, 2019g). Esses locais estão alinhados ao PGIRS, que preconiza o reconhecimento do resíduo sólido urbano como um material de valor econômico e social, fomentador de trabalho, geração de renda e ganho ambiental. O aprendizado com o insucesso das antigas Usinas de Compostagem na cidade de São Paulo, retratado no PGIRS (2014), *“demonstrando que a recuperação dos resíduos orgânicos não pode ser apoiada na coleta indiferenciada e em processos de baixa intensidade tecnológica; o aprendizado com o Programa Feira Limpa de 2003, demonstrando que a coleta*

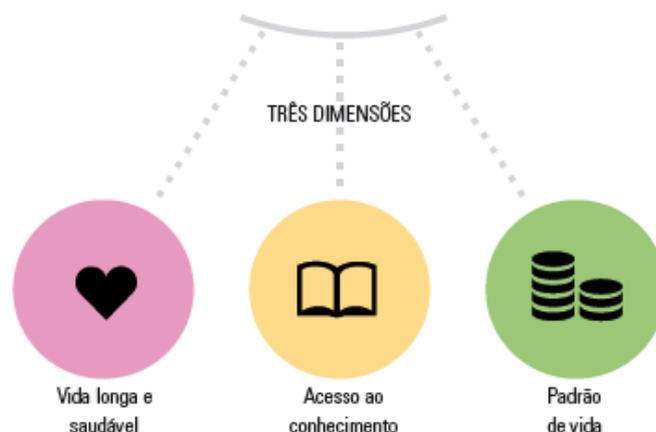
*seletiva de resíduos orgânicos traz benefícios inegáveis; o aprendizado com processos locais, demonstrando que há espaço para boas práticas como as descentralizadas e de agricultura urbana e o aprendizado com a experiência de várias instituições privadas como a compostagem dos orgânicos e uso em horta urbana na cobertura do Shopping Eldorado”, além de notáveis casos internacionais de sucesso em grandes cidades como na Catalunha, Milão, Turim, Nápolis e São Francisco (PMSP, 2014).*

### 3.5. Parâmetros Sociais

Partindo-se da premissa de que, segundo Campos (2012), os resíduos sólidos podem ser considerados como importante indicador socioeconômico, tanto por sua quantidade como também pela sua caracterização, o cenário econômico de crise ou apogeu de uma população reflete diretamente no consumo de bens, na alimentação e na conseqüente geração de resíduos sólidos.

Se ao longo do século XX a mensuração quanto ao desenvolvimento era restrita apenas à economia, baseada na diferença da riqueza entre os países, no final do mesmo século, a avaliação do desenvolvimento sofreu alterações e foi dividida em três importantes dimensões: saúde, educação e renda (Sebastiany, 2012). Tais variáveis compõem o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), globalmente consolidado e difundido, conforme Figura 8.

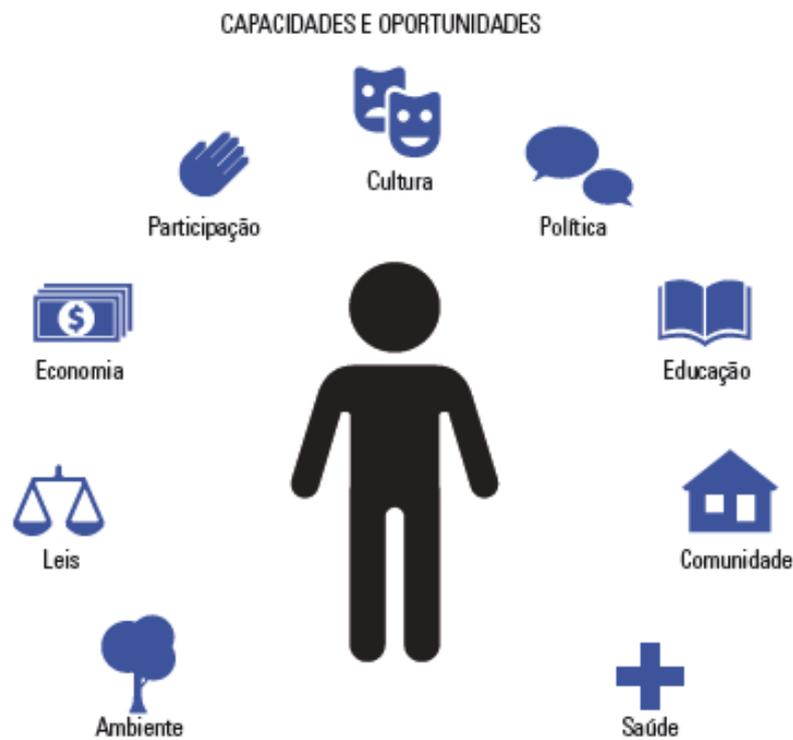
**Figura 8:** Dimensões do Desenvolvimento Humano



**Fonte:** PNUD, 2014.

A ONU tem encorajado as nações a adaptarem o IDH Global para níveis subnacionais dentro do contexto de cada microlocalidade, sendo tais países convidados a inovar, substituir ou adicionar novas dimensões aos três componentes, tais como liberdade política, meio ambiente, segurança, trabalho, dentre outros, com vistas ao aumento das capacidades e oportunidades, conforme Figura 9 (PNUD, 2014).

**Figura 9:** Capacidades e Oportunidades para o Desenvolvimento Humano.



**Fonte:** PNUD, 2014

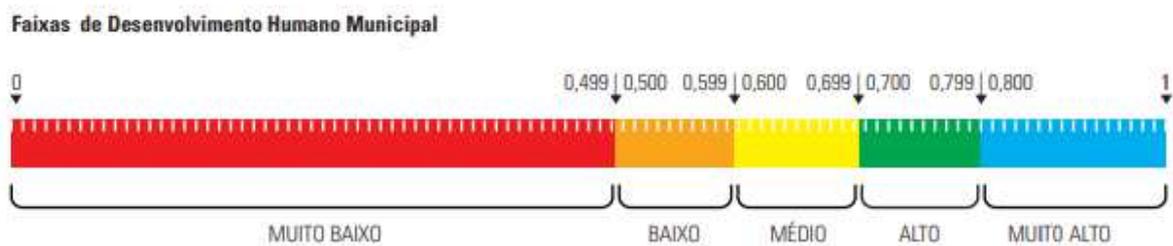
O Brasil adota o IDHM, onde as três dimensões do IDH Global são adaptadas à sua realidade, conforme Tabela 3. Além destes indicadores, existem diversos outros que permitem analisar os parâmetros socioeconômicos de uma população em seu contexto regional, como o Índice de Desemprego, Índice de Analfabetismo, Índice de Vulnerabilidade Social, dentre outros.

**Tabela 3:** Adaptação das três dimensões para o IDHM brasileiro.

DESMEMBRAMENTO DO IDH GLOBAL PARA O IDHM (Brasil)		
Longevidade	Educação	Renda
Expectativa de vida ao nascer	Escolaridade da população População de 18 anos ou mais com ensino fundamental completo	Renda <i>per capita</i>
	<b>Fluxo escolar da população jovem</b> 5-6 anos na escola 11-13 anos quase concluído ens. fundamental 15-17 anos ens. fundamental completo 18-20 anos com ens. médio completo	

**Fonte:** Autoria própria, 2019. Dados: PNUD, 2014.

Com base nas três dimensões, é realizado o cálculo para obtenção do IDHM Geral, com variação entre 0 e 1, onde valores mais próximos a 1 indicam um melhor desenvolvimento, conforme apresentado na Figura 10.

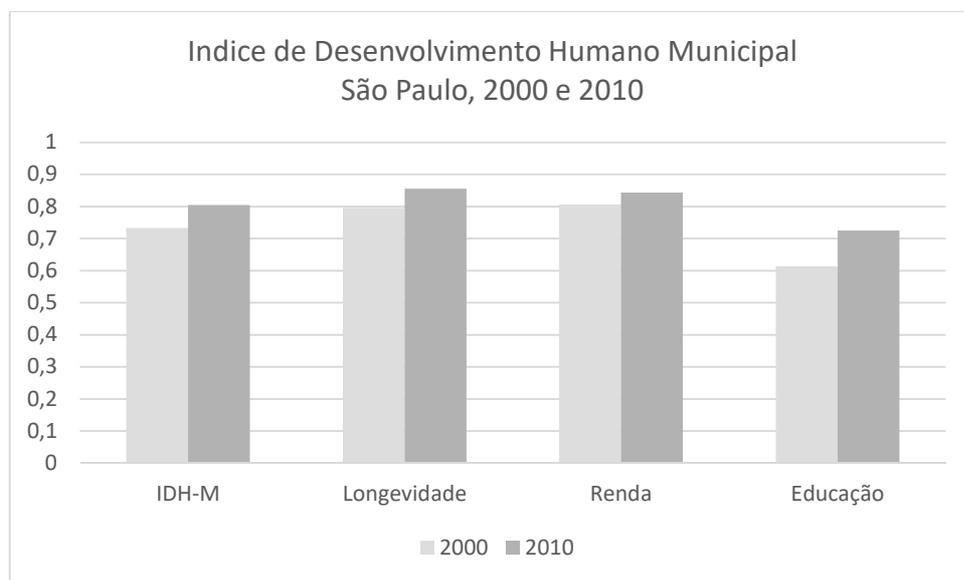
**Figura 10:** Faixas de Desenvolvimento Humano Municipal

**Fonte:** PNUD, 2014.

Na cidade de São Paulo, entre os anos de 2000 a 2010 houve uma melhoria registrada pelo IDHM, apontando respectivamente os valores de 0,733 e 0,805 (PNUD, 2013). Porém, como mencionado, mesmo com esta melhora, São Paulo apareceu somente em 28º lugar entre os municípios brasileiros avaliados com os maiores IDHM (PNUD, 2010).

Sendo o IDHM calculado a partir das três dimensões (longevidade, educação e renda), ao analisar a Figura 11, percebe-se que, entre os anos citados, o aumento do desenvolvimento ocorreu em todos os indicadores, porém, ao comparar esse aumento, o maior destaque aconteceu no IDHM Educação, com um aumento de 0,1 ponto. Embora tenha melhorado, das três dimensões avaliadas, a educação ainda é a de menor desempenho no Município de São Paulo (Gonçalves, 2017).

**Figura 11:** Evolução no IDHM na Cidade de SP



**Fonte:** Autoria Própria, 2019. Dados: Gonçalves, 2017

Como o componente educação apresenta o menor índice das três dimensões que compõem o IDHM do município de São Paulo, se faz necessário melhorar questões da problemática de evasão escolar principalmente, tal desempenho pode vir a comprometer, no âmbito da Política Nacional de Educação Ambiental, sua implementação de forma eficaz, como pode ser visto em seu artigo abaixo:

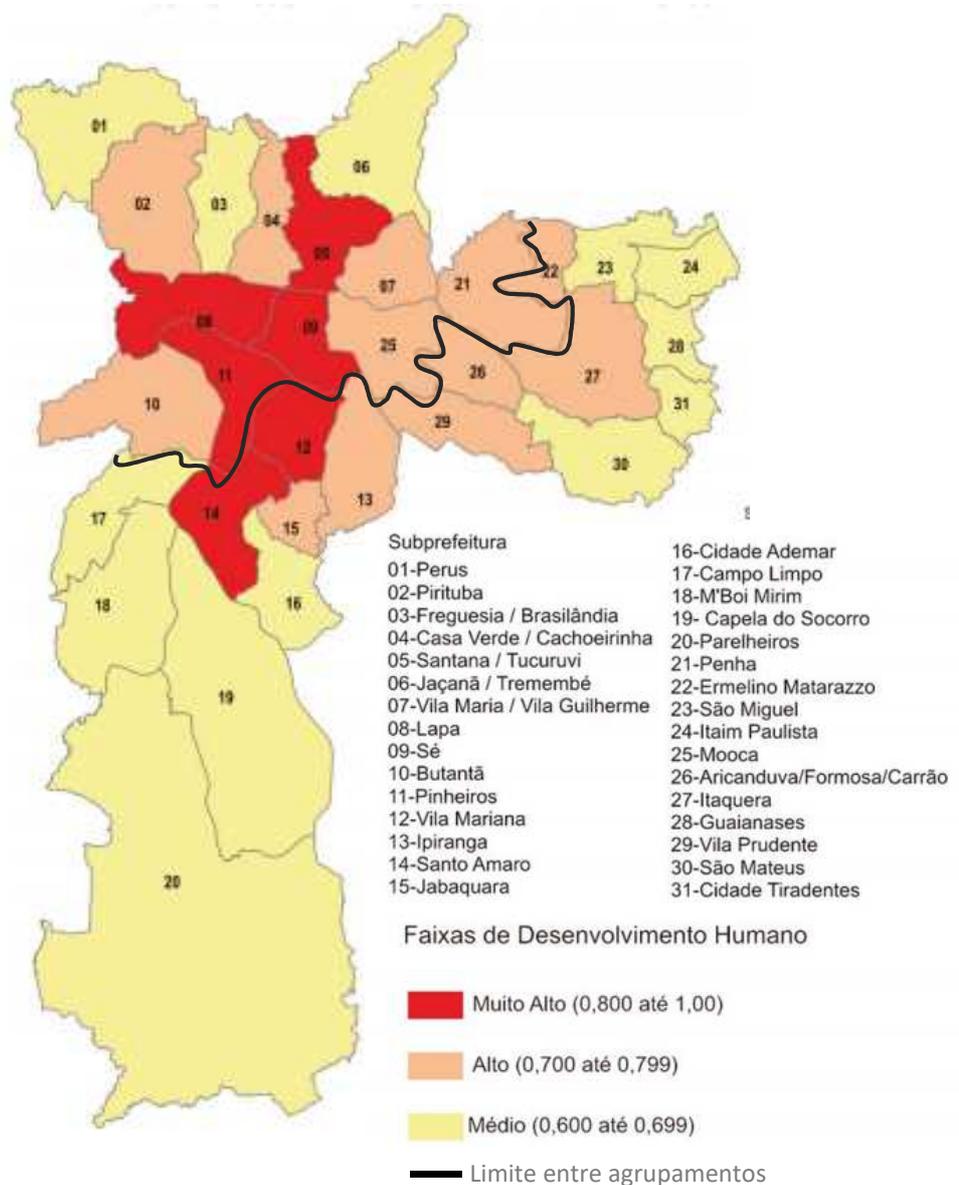
Art. 10. A educação ambiental será desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal. (BRASIL, 1999).

Dessa forma, à medida que as crianças, jovens e adultos participam menos da vida escolar formal e não concluem os níveis de escolaridade necessários, passam a ter menor acesso ao conteúdo sobre educação ambiental.

Conseqüentemente, tal fato pode traduzir-se em menor engajamento em ações socioambientais, inclusive voltadas aos resíduos sólidos.

Na Figura 12 é possível avaliar por cada Subprefeitura o desempenho qualitativo da dimensão educação no IDHM do município de São Paulo, onde destacam-se as pertencentes ao Agrupamento Noroeste, já que das 6 subprefeituras avaliadas com IDHM muito alto, 4 (67 %) estão localizadas neste agrupamento e em contrapartida das 13 avaliadas com IDHM médio, somente 4 (30 %) pertencem ao referido agrupamento.

**Figura 12** – IDHM dimensão Educação – Município de São Paulo em 2010

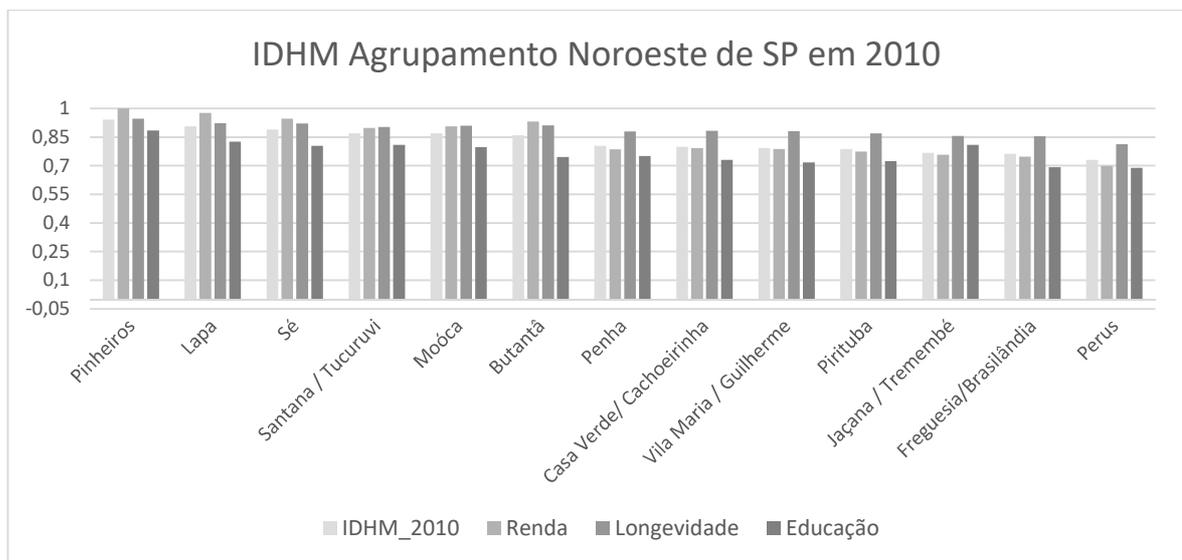


**Fonte:** Autoria Própria, 2019; Dados: PNUD, 2013.

Quanto ao Agrupamento Noroeste da cidade de São Paulo, objeto do estudo, é possível avaliar o IDHM de 2010 em suas três dimensões (renda, longevidade e educação) na Figura 13. Em cada uma das 13 Subprefeituras que o compõem o Agrupamento Noroeste, a dimensão educação é a menor em sua totalidade.

Outra análise possível neste gráfico, é a constatação de que nas 6 subprefeituras com maior IDHM (Pinheiros, Lapa, Sé, Santana/Tucuruvi, Mooca e Butantã), destaca-se como dimensão mais relevante a renda. Já nas demais 7 subprefeituras com menor IDHM, pelo fato das dimensões renda e educação serem mais baixas, a longevidade apresenta-se maior em todas elas.

**Figura 13:** Evolução no IDHM na Cidade de SP



**Fonte:** Autoria Própria, 2019. Dados: Gonçalves, 2017

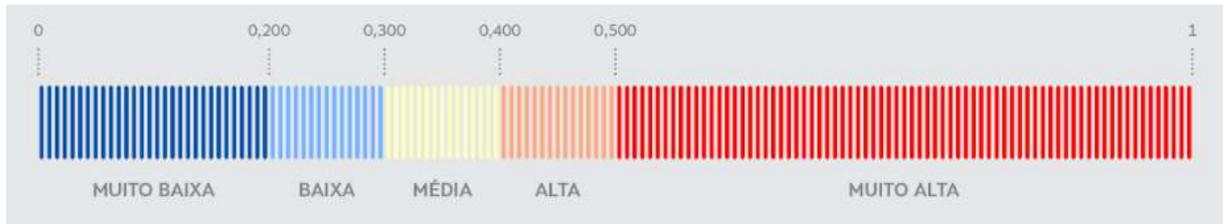
Considerando como índice complementar ao IDHM, o Índice de Vulnerabilidade Social - IVS analisa questões relacionadas a exclusão e vulnerabilidade social no Brasil, buscando questões que ultrapassem apenas a identificação de renda da população (IPEA, 2015).

De acordo com IPEA (2015), o IVS inclui 3 dimensões que propiciam verificar o padrão de vida familiar, onde cada um deles entra no cálculo do IVS final com o mesmo peso. São eles:

- IVS Infraestrutura Urbana, responsável por relacionar o saneamento básico e mobilidade urbana;
- IVS Capital Humano, incluindo questões relacionadas a saúde e educação;
- IVS Renda e Trabalho, apontando fatores referentes ao fluxo de renda das pessoas.

Assim como ocorre para o IDHM, o valor do IVS varia entre 0 e 1 e a vulnerabilidade social aumenta quando este valor estiver próximo a 1, conforme Figura 14.

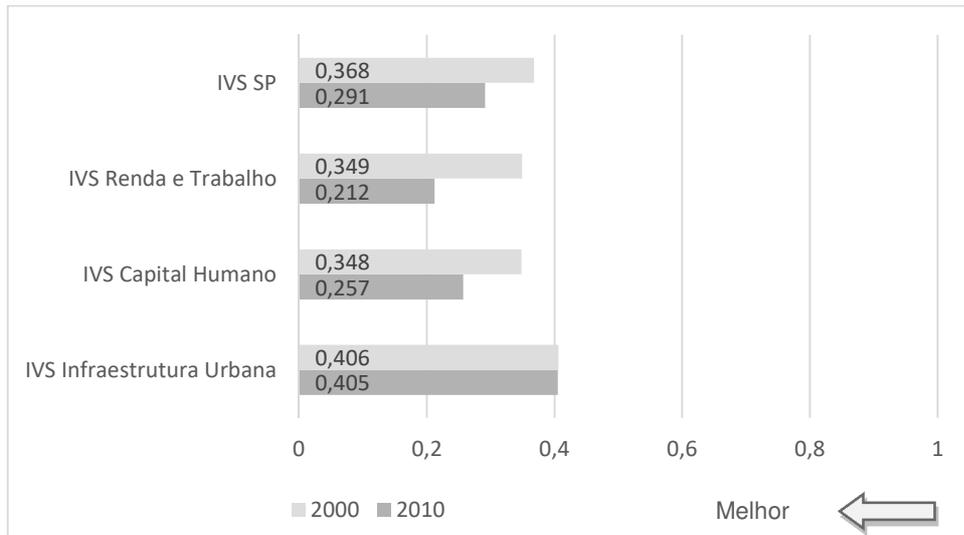
**Figura 14:** Faixas de Índice de Vulnerabilidade Social.



**Fonte:** IPEA, 2015

Ao analisar a Figura 15, verifica-se que o IVS total da cidade de São Paulo entre os anos de 2000 a 2010 melhorou, passando de médio para baixo, sendo acompanhado nesta queda pelas dimensões capital humano, renda e trabalho, diferentemente do que ocorreu com a dimensão infraestrutura urbana, que manteve-se estável na faixa considerada alta (0,405).

Segundo Bugni, et. al. (2017), mesmo com a melhora do IVS de São Paulo, resta ainda muita desigualdade, necessitando de planejamento estratégico quanto à descentralização do emprego, à necessidade de universalizar o acesso à infraestrutura básica e à melhoria da qualidade da educação para além da universalização.

**Figura 15:** ÍVS no município de São Paulo em 2000 e 2010.

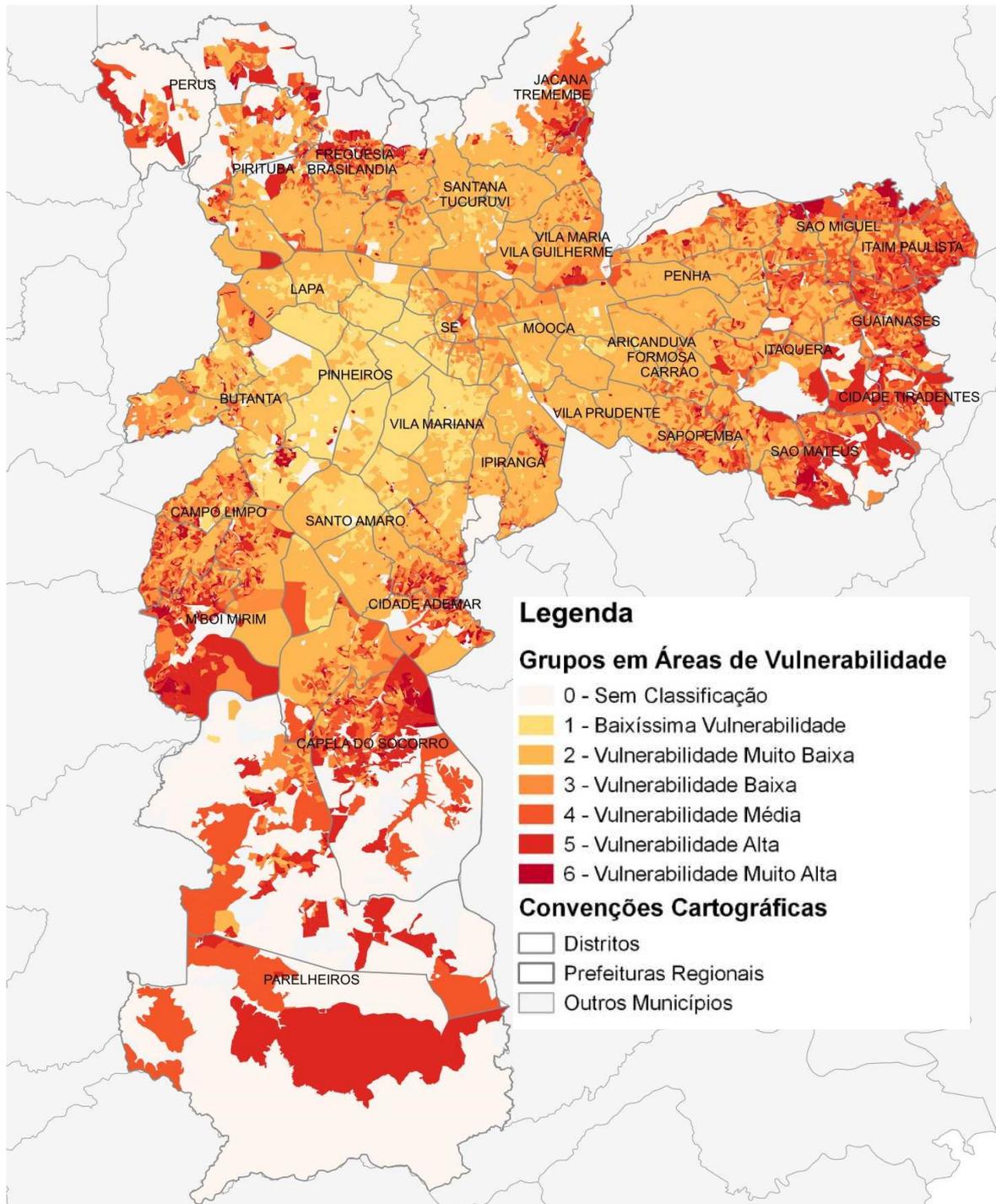
**Fonte:** Autoria Própria, 2019. Dados: IPEA, 2019.

A Figura 16 permite visualizar a distribuição do Índice de Vulnerabilidade Social em todo território da cidade de São Paulo no ano de 2010. Verifica-se que a região mais central da cidade não apresenta vulnerabilidade social ou apresenta valores considerados baixos e muito baixos, enquanto as regiões mais periféricas apresentam índices com valores médios a muito altos.

Como mencionado, embora o município de São Paulo contribua com 12 % do PIB do Brasil (FUNDAÇÃO SEADE, 2016), tendo grande importância para a economia brasileira, Wissenbach (2017) afirma que na última década, apesar do significativo aumento na renda dos mais pobres, a desigualdade na cidade permaneceu inalterada, provavelmente em função do crescimento ainda mais intenso dos extratos mais ricos.

Neste contexto e considerando que o aumento de renda está relacionado ao aumento na geração de resíduos, Campos (2012) destaca que fatores econômicos, sociais e culturais podem implicar no aumento da geração de resíduos de forma mais significativa do que aqueles que podem colaborar na sua redução, indo de encontro à PNRS, cuja premissa é a não geração, seguida da redução na quantidade de resíduos sólidos produzidos.

**Figura 16:** Mapa do Índice de Vulnerabilidade Social na cidade de São Paulo no ano de 2010.



Fonte: PMSP, 2018.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Levantamento do estado da arte**

O estado da arte da avaliação ambiental de sistemas de gerenciamento de resíduos compreende a obtenção de dados da composição físico-química de cada fração individual que compõem o resíduo em questão (GOTZE et. al., 2016).

Para a melhor compreensão desta composição físico-química, diversos autores ao redor do mundo desenvolveram metodologias para amostragem e análise de RSU. Porém, ainda não existe uma normatização ou uma metodologia padrão que tenha o consenso de todos os especialistas da área. GOTZE et. al. (2016) levanta esta problemática ao citar uma variedade de métodos para a caracterização de resíduos que tem sido desenvolvidos, porém, um consenso internacional ainda não foi alcançado. Devido à diversidade dos materiais presentes no resíduo assim como a variabilidade temporal, espacial e cultural, a coleta e análise representativa de amostras de resíduos é desafiadora, trabalhosa e cara. Como o fluxo de resíduos sólidos urbanos é altamente heterogêneo por conter resíduos de diferentes origens, é importante ao realizar sua caracterização, considerar o número e tipos de estratos, o local de amostragem, o tamanho da amostra, o tipo e o número de componentes a serem analisados estatisticamente na interpretação dos resultados (Sahimaa, et. al., 2015).

### **4.2. Visitas técnicas**

Dada a importância em se conhecer as instalações físicas responsáveis por receber, triar, armazenar e destinar a fração seca reciclável dos resíduos sólidos urbanos oriundos do Agrupamento Noroeste, no dia 03 de fevereiro de 2017 ocorreu a primeira visita à Central Mecanizada de Triagem – CMT gerenciada pela LOGA, situada na Avenida dos Estados, nº 300, São Paulo-SP, conforme Figura 17.

Com a visita foi possível obter informações de caráter técnico das instalações e equipamentos utilizados, bem como, estabelecer os principais contatos das

pessoas responsáveis por acompanharem as futuras coletas das amostras de resíduos a serem pesquisados.

Como no município de São Paulo há atualmente 2 CMTs em operação, também no dia 17 de março de 2017 foi realizada uma visita à CMT Carolina Maria de Jesus, localizada à Avenida Miguel Yunes, nº 345, Vila Sabará, São Paulo, gerenciada pela Ecourbis, na qual se processa a fração seca reciclável dos RSU gerado pelo agrupamento sudeste, conforme Figura 18.

**Figura 17** – Visita técnica à CMT Pte. Peq., Agrupamento Noroeste, Município de São Paulo – SP.



**Fonte:** Autoria própria, 2017

Com ambas visitas foi possível conhecer as particularidades técnicas e operacionais de cada CMT, sendo que a operada pela LOGA utiliza tecnologia alemã, espanhola e francesa combinadas, enquanto que a operada pela Ecourbis adota tecnologia francesa. Outra importante diferenciação entre ambas é que enquanto na CMT da LOGA é possível separar opticamente o vidro, na outra CMT,

devido o vidro não ser automaticamente triado, uma importante fração acaba sendo disposta juntamente com o rejeito gerado ao final do processo. Ambas CMTs juntamente com os demais sistemas de coleta e processamento de RSU recicláveis, inclusive as cooperativas, foram responsáveis pela coleta seletiva de 87.921 toneladas de resíduos em 2017 (PMSP, 2018), o que corresponde a uma taxa de 240,9 t/dia de RSU secos recebidos por ambas.

**Figura 18** – CMT Carolina Maria de Jesus, Agrupamento Sudeste, Município de São Paulo – SP.



**Fonte:** Autoria própria, 2017

No dia 24 de abril de 2017 foi realizada uma reunião com a equipe de Gestão de Serviços Gerais da AMLURB, onde foram apresentados detalhamentos sobre o Projeto FAPESP nº 2016/08978-9, intitulado *Caracterização de Rejeitos no Município de São Paulo – SP*, coordenado pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Giulliana Mondelli. A equipe da AMLURB presente na reunião demonstrou interesse pelo projeto, o que propiciou uma parceria para troca de informações referentes a gestão de RSU no município de São Paulo.

#### **4.3. Central Mecanizada de Triagem – CMT Ponte Pequena**

Inaugurada em 05 de junho de 2012, a Central Mecanizada de Triagem – CMT Ponte Pequena, localizada à Avenida dos Estados, 300, São Paulo-SP,

gerenciada pela LOGA, é atualmente a maior estação mecanizada de triagem de resíduos da América Latina. Possui capacidade instalada para processar diariamente 250 t, embora processe atualmente somente cerca de 80 t/dia, resultando aproximadamente em 68 % de ociosidade (Ramires, 2019).

A tecnologia empregada de origem europeia (Alemanha, França e Espanha), adota dispositivos ópticos, magnéticos e físicos que propiciam a triagem segmentada por tipo, tamanho, volume e até por cor do resíduo, cuja triagem automatizada é complementada pela fase manual, operada por cooperados cadastrados junto à Prefeitura de São Paulo.

Integra ao local de instalação da CMT a Estação de Transbordo Ponte Pequena, com capacidade para receber e armazenar em seu fosso até 6 mil toneladas de RSU (Figura 19), que são diariamente transbordados dos caminhões compactadores para grandes carretas, em proporção de aproximadamente 3 compactadores para cada carreta, que realizam o transporte dos resíduos e rejeitos para a disposição final no Aterro Sanitário da Essencis Soluções Ambientais SA, localizado no município de Caieiras/SP.

A junção da CMT com a Estação de Transbordo formam um complexo com 19 mil metros quadrados destinados exclusivamente à gestão de RSU, sendo que destes, 3 mil metros quadrados são ocupados pela CMT (Figura 20), cujo custo para sua implementação foi da ordem de R\$25 milhões.

**Figura 19** – Pátio de Recebimento de RSU na CMT - transbordo



**Fonte:** Autoria própria, 2017

**Figura 20** – Vista lateral da CMT Ponte Pequena



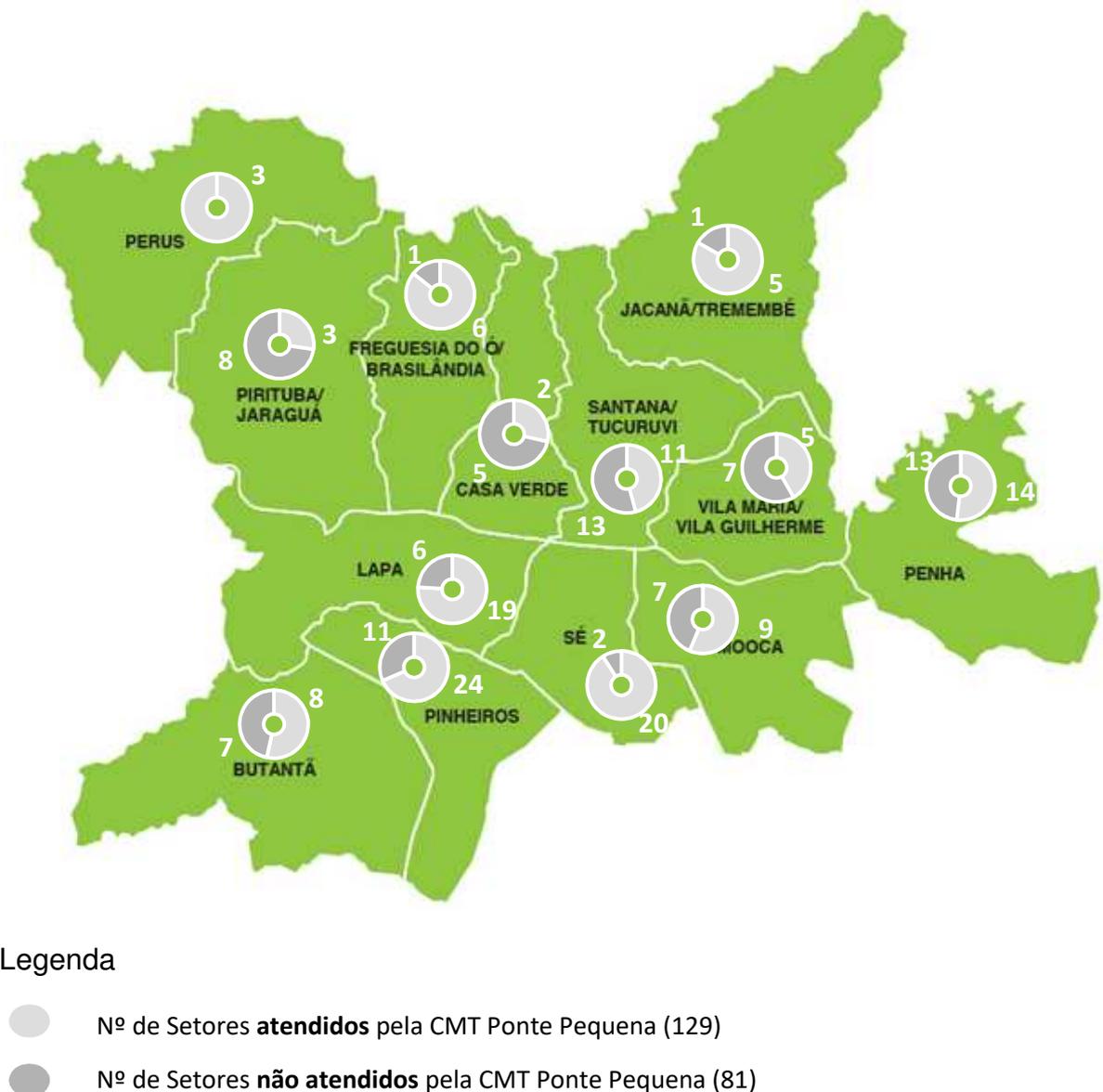
**Fonte:** César Ogata / SECOM-SP, 2012

A CMT funciona de segunda a sábado, em dois turnos diários, sob regime de concessão à LOGA, atendendo as 13 Subprefeituras que compõem o agrupamento Noroeste. Dessas 13 Subprefeituras, somente as de Jaçanã/Tremembé (JT) e Perus (PR) não são servidas pelos caminhões de coleta seletiva da LOGA, e sim, encaminham seus RSU secos à CMT via Cooperativas.

As Subprefeituras são operacionalmente divididas em setores, onde cada setor representa um percurso a ser cumprido ao longo da jornada de trabalho executada por uma equipe de coleta, composta por motorista e dois agentes ambientais. O planejamento operacional determina os setores com base no volume médio de resíduo gerado, distância e a densidade demográfica do mesmo.

Também nem todos os 210 setores que compõem as Subprefeituras do agrupamento Noroeste tem os seus RSU secos processados pela CMT, destes, 81 (38,5 %) são atendidos Cooperativas cadastradas na AMLURB, incumbidas de triar e destinar a fração reciclável e seu rejeito, como pode ser visto na Figura 21.

**Figura 21:** Setores atendidos pela CMT Ponte Pequena, São Paulo – SP.



Devido a questões logísticas e de viabilidade financeira, a CMT recolhe majoritariamente resíduos da fração seca reciclável prioritariamente das Subprefeituras mais próximas à mesma, tais como Sé, Lapa e Pinheiros, cabendo às cooperativas cadastradas pela Prefeitura receberem os resíduos recicláveis gerados em locais geograficamente mais distantes da CMT.

O início do processo operacional na CMT se dá através da chegada do caminhão carregado exclusivamente com RSU fração seca coletada porta-a-porta, para ser então pesado em balança rodoviária e geração do ticket de controle. Com informações sobre o veículo, quantidade de resíduos, data, horário, subprefeitura e setor atendido, o ticket é utilizado para fins de controle e rastreabilidade (Figura 22).

**Figura 22:** Modelo de ticket de pesagem

PREFEITURA DO MUNICIPIO DE SAO PAULO	
ENTRADA DE RESIDUO COLETA SELETIVA	
Data: 26/05/2017	Hora Entrada: 23:07
(2a. Via)	Hora Saida : 23:07
Numero da Pesagem: 2480894	
Unidade : PONTE PEQUENA	
Estacao : 02	
Operador: MARIA BATISTA DA SAUDE SANTOS	
Empresa : LOGISTICA AMBIENTAL DE SAO PAU	
Veiculo : FG13882	
Residuo : SELETIVA	
Natureza: SELETIVA DIFERENCIADA	
Triagem : CMT - PONTE PEQUENA	
Subpref.: LA	Setor : 19
Peso Bruto (kg) :	16.180
Tara (kg) :	12.660
Peso Liquido (kg):	3.520

**Fonte:** LOGA, 2017

Posteriormente, o caminhão compactador dirige-se ao galpão de descarga de RSU (fração seca), onde o mesmo tem todo seu conteúdo basculhado diretamente sobre o piso pavimentado, diferentemente do local onde o RSU (fração úmida) é despejado (fosso do transbordo), como se vê nas Figuras 23 e 24.

**Figura 23** – Descarga de RSU Secos no pátio de recebimento, CMT Ponte Pequena, SP



**Fonte:** Autoria própria, 2018

**Figura 24** – Áreas de recebimento de RSU da fração seca e fração úmida, CMT Ponte Pequena, São Paulo – SP.



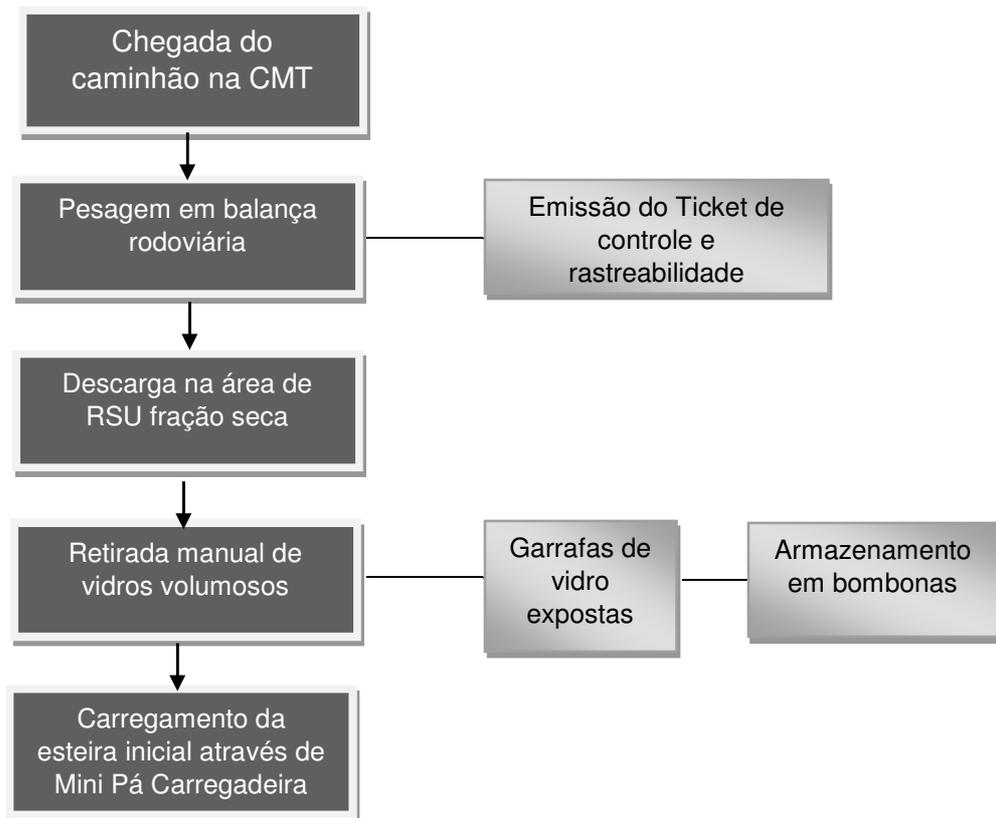
Fosso onde ocorre o transbordo do RSU proveniente da coleta comum, encaminhado diretamente para o aterro, como rejeito.

Área reservada para recebimento da fração seca (coleta seletiva) do RSU para processamento na CMT.

**Fonte:** Autoria própria, 2018

Neste momento, uma pequena equipe de operadores realiza a coleta prévia manual diretamente sobre as pilhas de resíduo para retirada de garrafas e embalagens de vidro vazias e expostas, que são acondicionadas em bombonas/ tambores de 200 L, conforme fluxograma (Figura 25).

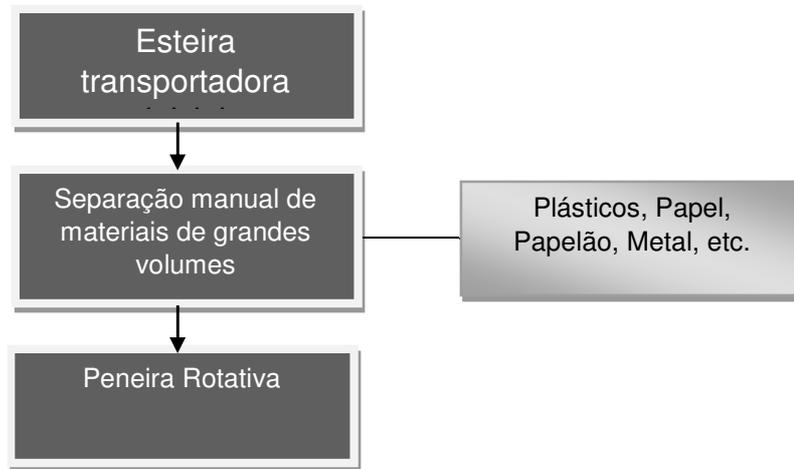
**Figura 25** – Fluxograma do processo operacional de recebimento – CMT Ponte Pequena



**Fonte:** Autoria Própria, 2019

Através de mini pás-carregadeiras, os resíduos recicláveis são carregados em uma esteira de recebimento para retirada manual de materiais de grande volume, processo este que antecede as peneiras rotativas, conforme Figuras 26 e 27.

**Figura 26** – Fluxograma do processo inicial de triagem – CMT Ponte Pequena, São Paulo – SP



**Fonte:** Autoria própria, 2019

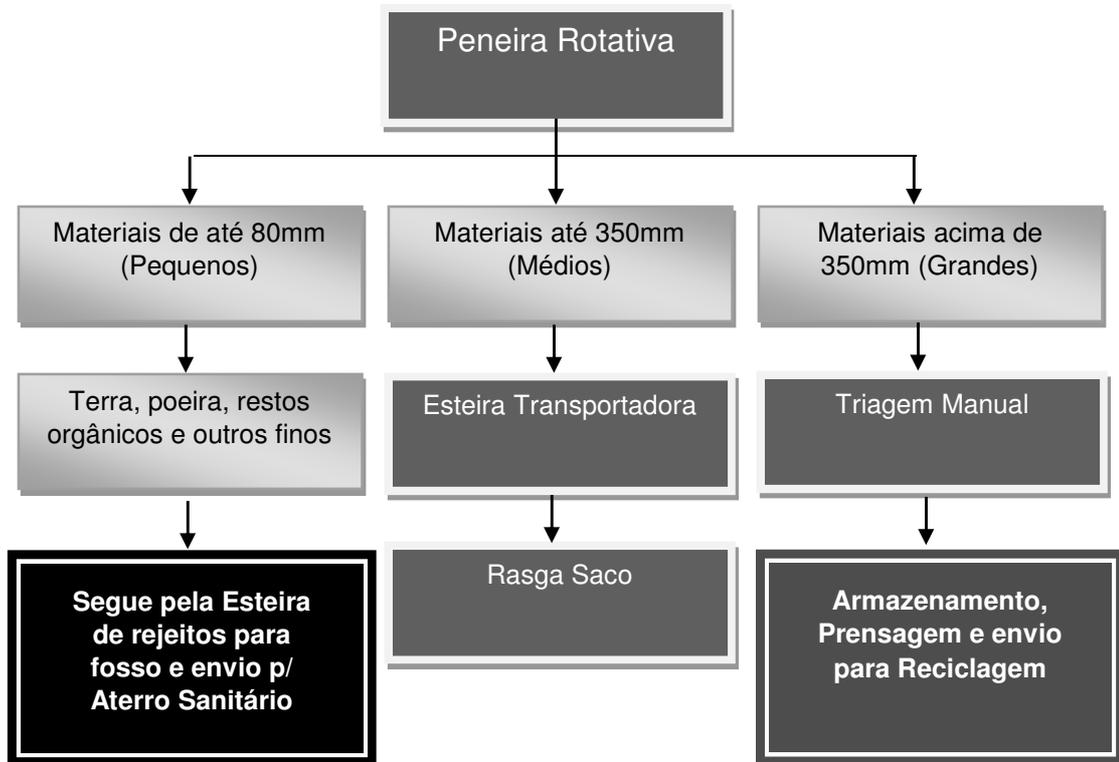
**Figura 27** – Vista interna da Peneira Rotativa, CMT Ponte Pequena, São Paulo – SP



**Fonte:** Autoria própria, 2019

De acordo com o diâmetro (malha) da peneira rotativa, com 80 mm e 350 mm respectivamente, ocorre a separação dos resíduos. Nesta etapa, já são separados também rejeitos de pequena granulometria, como areia, terra e restos orgânicos que são encaminhados, via esteira, ao fosso de rejeitos, conforme Figura 28.

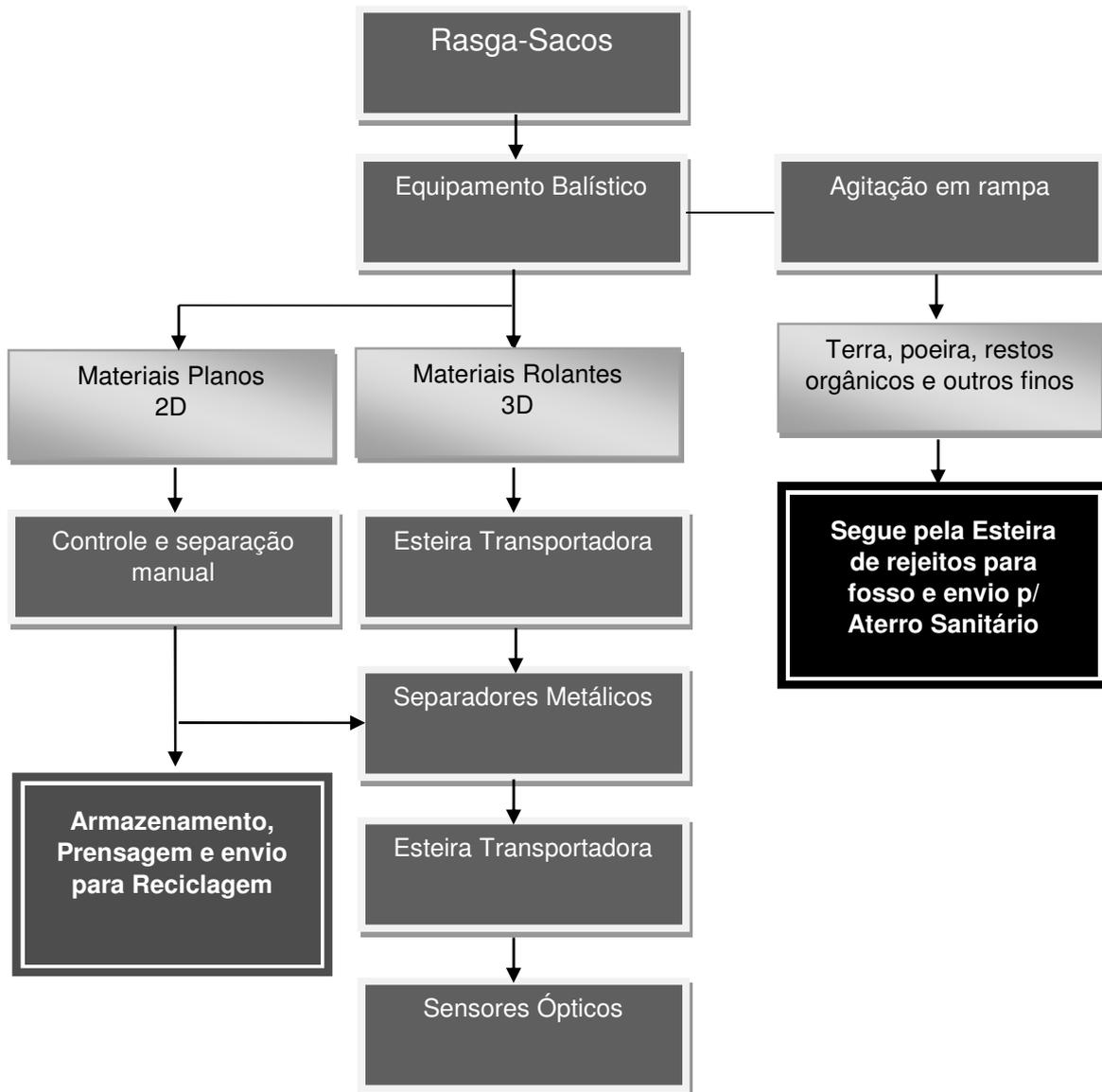
**Figura 28** – Fluxograma de triagem via peneira rotativa – CMT Ponte Pequena, São Paulo – SP



**Fonte:** Autoria própria, 2019

A próxima etapa caracteriza-se pela abertura mecanizada dos sacos plásticos de lixo, por meio de um equipamento denominado “rasga-sacos”, propiciando maior eficiência nos processos seguintes devido a maior exposição dos resíduos não embalados, Figura 29.

**Figura 29** – Fluxograma geral da triagem pós rasga sacos – CMT Ponte Pequena, São Paulo – SP



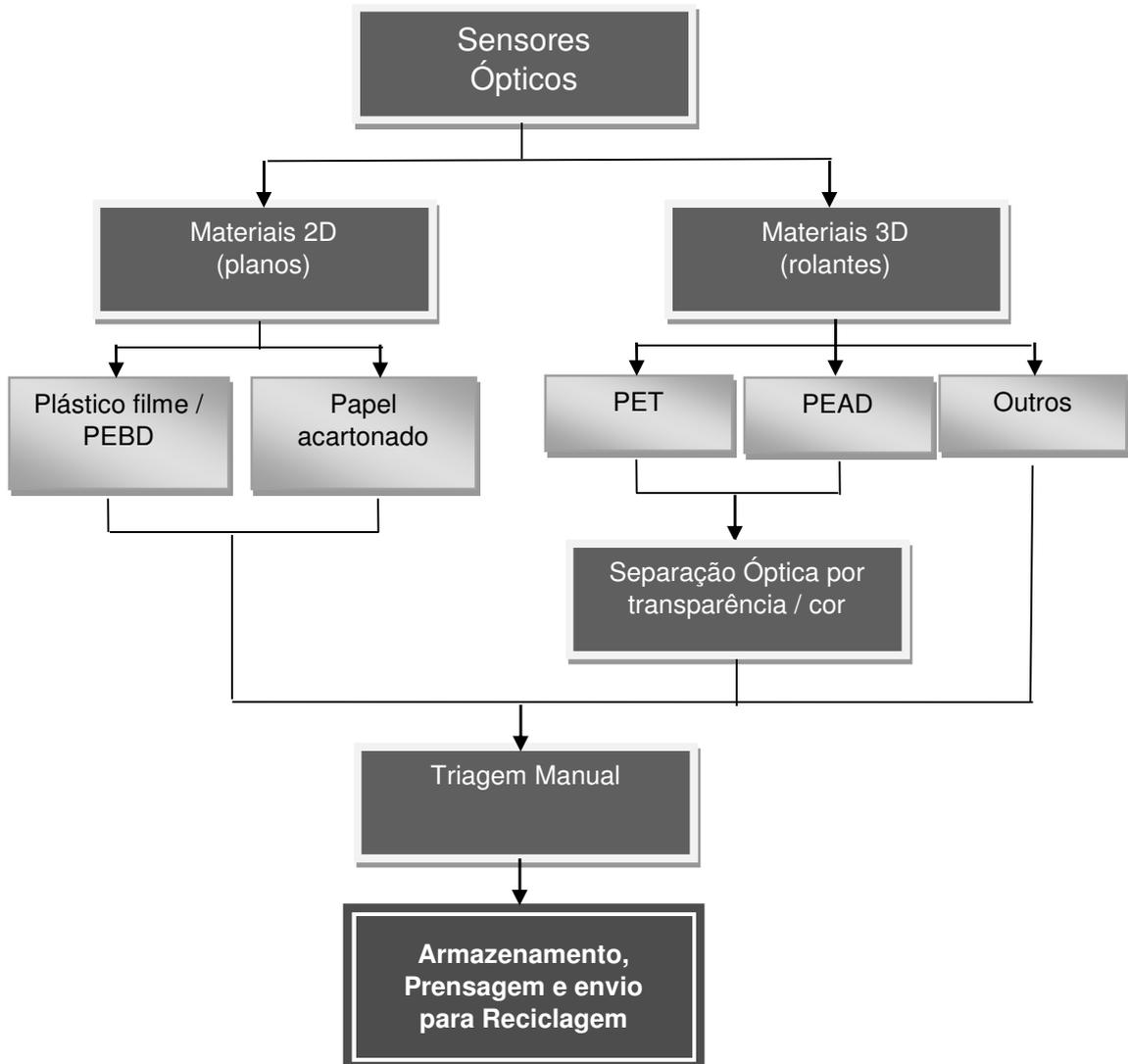
**Fonte:** Autoria própria 2019

Ainda por esteiras, conforme os tipos diversos de resíduos, estes são encaminhados para o equipamento denominado “separador balístico”, onde ocorre a separação dos materiais por massa e forma. Os do tipo plano (duas dimensões, ou 2D), são compostos principalmente por papéis, filmes plásticos e cartões, e os chamados rodantes (três dimensões, ou 3D), formados por potes, garrafas plásticas, latas de alumínio, embalagens multicamadas, dentre outros similares.

Resíduos plásticos são divididos por tipo, ao passarem pelos separadores ópticos que realizam a triagem conforme suas mais variadas composições (PP,

PVC, PEAD, PEBD, dentre outros), possibilitando assim, maior valorização em sua comercialização do que se estivessem misturados. Papéis e papelões são também selecionados através dos sensores ópticos para que após triagem complementar manual, sejam prensados para comercialização.

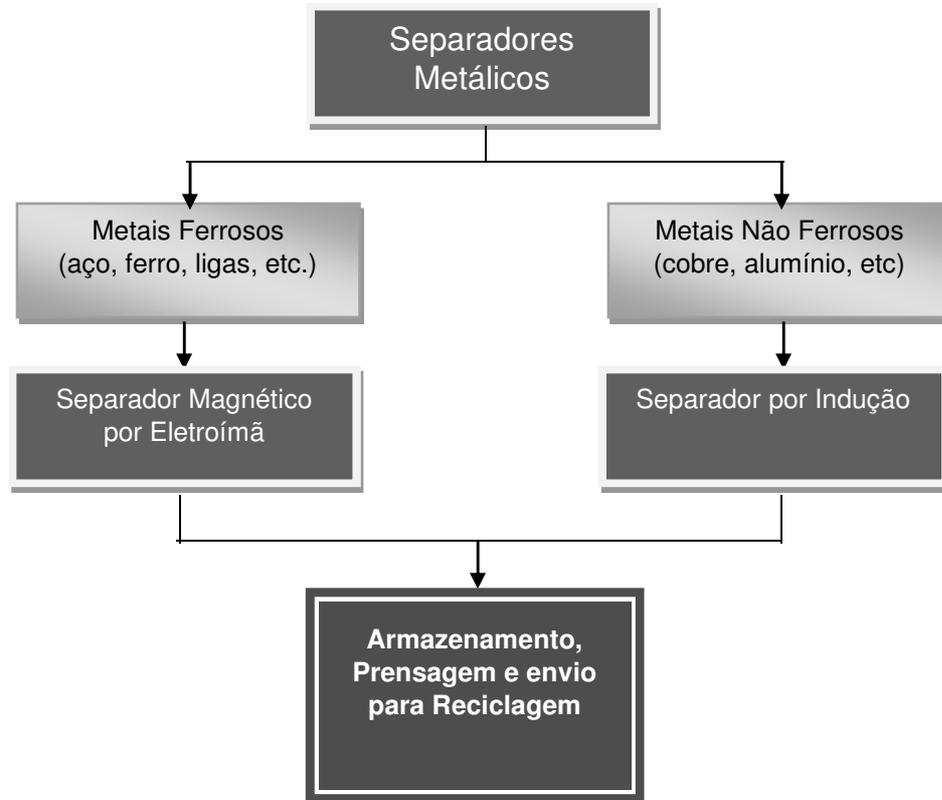
**Figura 30** – Fluxograma da triagem 2D e 3D – CMT Ponte Pequena, São Paulo – SP



**Fonte:** Autoria própria, 2019

Os materiais ferrosos, são triados através de separadores magnéticos, onde estes são, posteriormente, prensados formando fardos para comercialização. Metais não ferrosos, como alumínio, são separados por sistema de indução para também serem comercializados (figura 31).

**Figura 31** – Fluxograma da triagem metálica – CMT Ponte Pequena, São Paulo – SP



**Fonte:** Autoria própria, 2019

Tanto ao longo da linha, como na esteira final, ocorre o processo de triagem e controle manual da qualidade, realizado pelos 94 cooperados da Cooperativa Vira Lata, cadastrada e contratada diretamente pela Prefeitura através da AMLURB, sem qualquer vínculo hierárquico ou trabalhista com a concessionária LOGA (Figura 32).

Todo material passante pelos sistemas de triagem automatizados e manuais que não foram separados, seguem então para o fosso de rejeitos para disposição no Aterro Sanitário Caieiras.

Todo resíduo reciclável triado fica armazenado em baias no galpão localizado no próprio complexo (Figura 33), tanto sob a forma fracionada (fardos e *big-bags*) quanto à granel (caçambas intercambiáveis do tipo *roll-on roll-off*) à disposição da Prefeitura para posterior comercialização junto a recicladores homologados.

**Figura 32** – Processo de controle de qualidade – CMT Ponte Pequena, São Paulo – SP



**Fonte:** Autoria própria, 2018

Tão logo completada a quantidade ideal para compor uma carga, ocorre o carregamento dos fardos de resíduos para o transporte rodoviário e destinação aos recicladores homologados (figura 34), cujo contrato com os recicladores se dá diretamente pela Prefeitura Municipal de São Paulo.

**Figura 33** – Área de armazenamento de recicláveis para comercialização – CMT Pte. Peq., SP



**Fonte:** Autoria própria, 2018

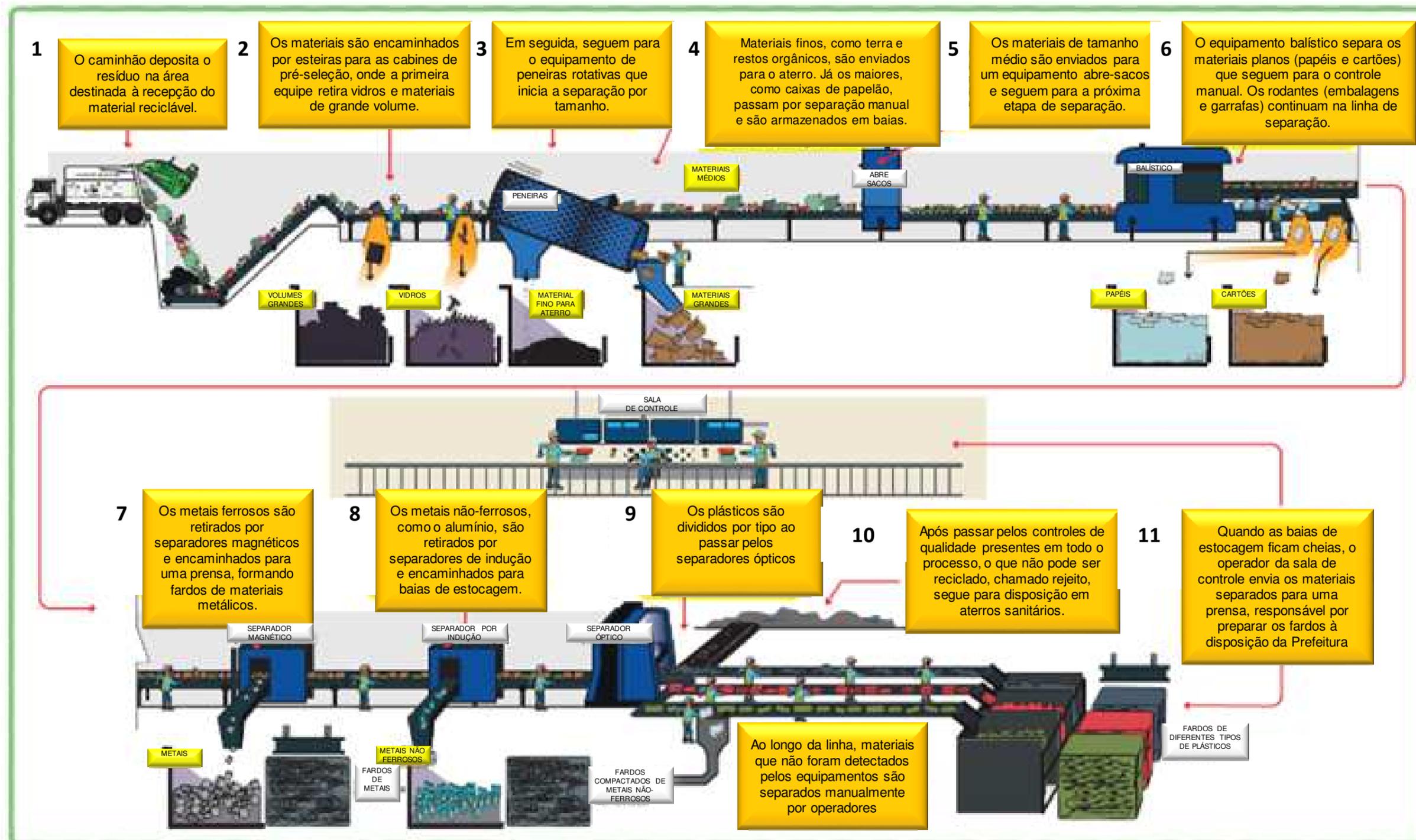
**Figura 34** – Carregamento para expedição aos recicladores, São Paulo – SP



**Fonte:** Autoria própria, 2018

De modo geral, os processos acima descritos podem ser melhor visualizados através do Infográfico (Figura 35), onde é possível conhecer o caminho percorrido pela fração seca do RSU durante todas as etapas de processamento na CMT, seja em forma de resíduos prontos para comercialização, seja na forma de rejeitos a serem dispostos em aterro sanitário.

Figura 35 – Infográfico sobre o funcionamento da Central Mecanizada de Triagem (CMT) Ponte Pequena, São Paulo – SP



Fonte: Adaptado de PMSP, 2014

#### 4.4. Plano de amostragem

No planejamento para a realização das coletas de amostras dos resíduos, foram considerados os seguintes fatores abaixo, obtidos nas metodologias e normatizações pesquisadas:

- Alternância entre os dias da semana;
- Variação dos horários;
- Intervalo de tempo entre as coletas (bimestral);
- Abrangência sazonal (anual);
- Amostras oriundas exclusivamente dos caminhões de coleta seletiva da LOGA.

Dessa forma, as coletas ocorreram em dias e horários diferentes da semana, durante um ano, onde foram considerados exclusivamente os caminhões da Coleta Seletiva que chegaram à Central Mecanizada de Triagem gerenciada pela Loga. A seleção das amostras ocorreu de maneira aleatória em relação a qual caminhão foi escolhido independente do setor gerador do resíduo, conforme indicado no Método ASTM dos Estados Unidos (CRUZ, 2005).

Segundo CRUZ (2005), a importância em se considerar a sazonalidade como parte importante no processo de amostragem se dá pela redução nas variações climáticas e também culturais da população (meses de férias, por exemplo), que alteram as características dos resíduos. Foram usados também diferentes dias da semana e horários, para que diferentes distritos fossem incluídos durante o estudo, permitindo melhor distribuição aleatória e proporcionando maior representatividade na amostra.

Foi adotado o intervalo bimestral para a realização das coletas, com base no Método Francês MODECOM (1993), que indica tal intervalo como meio de se esquivar de períodos não típicos. Este intervalo bimestral, foi considerado como o tempo mínimo necessário para realização das análises previstas no Plano de Amostragem, considerando o tempo disponível para a conclusão da pesquisa. Também, baseado no Protocolo Argus da Alemanha, que recomenda o período de

amostragem com inclusão de coleta nas estações da primavera e do outono, adotou-se a inclusão das coletas nas quatro estações do ano (CRUZ, 2005).

Como forma de estruturar a metodologia e definir o plano de amostragem adotado ao longo das coletas e análises, inicialmente em 27 de maio de 2017, foi realizada uma coleta piloto na CMT Ponte Pequena, sendo então avaliada como satisfatória a metodologia inicialmente proposta, possibilitando então dar sequência às próximas coletas.

**Tabela 4:** Inventário das coletas de amostras ao longo de um ano (2017-2018) na CMT Ponte pequena, São Paulo-SP

Coleta	Data da Coleta	Horário	Estação do ano	Eventos sazonais	Número de setores atendidos por Subprefeituras nas coletas realizadas										Total		
					BT	CV	FB	LA	MG	MO	PE	PI	PJ	SE		ST	
1	sábado, 27 de maio de 2017	09h45	Outono	14/mai - Dia das Mães 20 e 21/mai - Vir. Cultural	1	1	1	3			1						7
2	sexta-feira, 23 de junho de 2017	12h30	Inverno	15/jun - Corpus Christi 24/jun - Festas Juninas				2		1		4		4	1		12
3	quarta-feira, 30 de agosto de 2017	08h15	Inverno	13/ago - Dia dos Pais	1	1	1	3						1			7
4	segunda-feira, 30 de outubro de 2017	10h00	Primavera	12/out - Dia das Crianças 15/out - Dia dos Professores		1		2	1	1	2	4		1	1		13
5	quinta-feira, 21 de dezembro de 2017	10h30	Verão	25/dez - Natal	2		1	3				1		1	1		9
6	sábado, 10 de março de 2018	08h00	Verão	08/mar - Dia da mulher 25/mar - Semana Santa	2	1	1	3	1		2		1		2		13
7	sexta-feira, 25 de maio de 2018	09h00	Outono	01/mai - Dia do Trabalho 13/mai - Dia das Mães 19 e 20/mai - Vir. Cultural	5	1	2	1	1		3		2		1		16

## Legenda

### SUBPREFEITURAS

Butantã – BT  
 Casa Verde – CV  
 Freguesia / Brasilândia – FB  
 Lapa – LA  
 Vila Maria / Guilherme – MG  
 Mooca – MO  
 Penha – PE  
 Pinheiros – PI  
 Pirituba / Jaraguá – PJ  
 Sé – SE  
 Santana - ST

**Fonte:** Autoria Própria, 2019

Conforme observado na Tabela 4, as datas das coletas completaram um ciclo anual, entre maio/2017 a maio/2018, onde tentou-se seguir como bimestral o intervalo entre as coletas nº 2 a 7, já que como anteriormente descrito, a coleta nº 1 foi adotada como piloto. Devido a dificuldades de agenda junto à equipe da CMT, a coleta nº 6 que seria realizada no final de Fevereiro/18, teve que ser adiada para início de março, mantendo-se o intervalo bimestral planejado para as demais coletas.

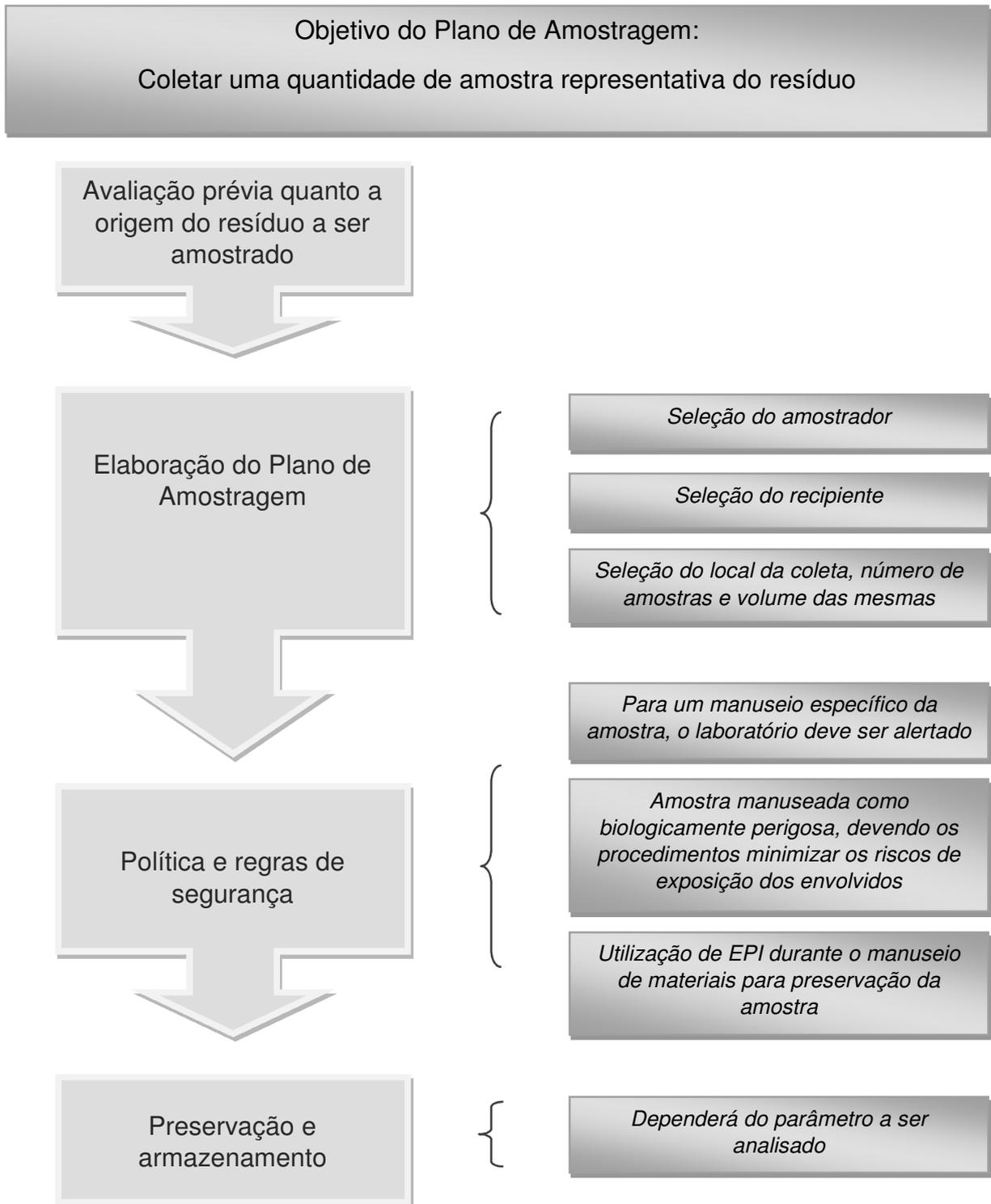
#### 4.4.1. Método de Amostragem

Os RSU são materiais heterogêneos, formados por partículas de dimensões e formatos diversos. Além disso, sua composição varia de região para região e ao longo do tempo, dependendo dos níveis de desenvolvimento econômico, tecnológico, sanitário e cultural da população e também das práticas de reciclagem, reuso, incineração e pré-tratamento dos resíduos, normalmente instituídas por políticas públicas (ABREU, 2015).

Como definido pela norma NBR 10.007 (ABNT, 2004), o Plano de Amostragem deve ser estabelecido antes de se coletar qualquer amostra, ser consistente com o objetivo da amostragem e com a pré-caracterização do resíduo. Ao realizar a coleta piloto nº1, foi possível validar os critérios definidos no Plano de Amostragem.

A metodologia adotada considerou os procedimentos definidos pela NBR 10.007 (ABNT, 2004), como o levantamento da origem do resíduo, sua disposição em pilhas ou montes, a elaboração do Plano de Amostragem, a seleção dos recipientes, o número e volume das amostras, práticas de segurança ambiental e ocupacional e por fim, os meios de preservação, acondicionamento e armazenamento das amostras de resíduos (figura 36).

**Figura 36:** Procedimentos normatizados pela NBR 10.007 para amostragem de resíduos sólidos



**Fonte:** Adaptado de Jacinto, 2019

Além da NBR 10.007 (2004), outra metodologia utilizada foi a MODECOM (1993), dado seu nível de detalhamento, facilitando sua adaptabilidade às condições

consideradas na presente pesquisa, como: a periodicidade bimestral por estação do ano, incluindo períodos de sazonalidade; aleatoriedade na seleção das amostras; as condições de armazenamento das amostras em sacos resistentes e hermeticamente fechados.

Para definição da quantidade/amostra coletada, adotou-se o critério utilizado por Andrade (2017) que avaliou uma cooperativa de catadores de resíduos recicláveis localizada na subprefeitura da Sé, no município de São Paulo, sendo coletados 3 sacos de 100 L cada, totalizando aproximadamente 300 L por coleta (Figura 37), realizadas nos seguintes pontos: (E1) 1 saco com resíduos coletados na pilha de recebimento, onde são basculhados os caminhões da LOGA advindos da coleta externa de RSU fração seca; (E2) 1 saco com resíduos não ensacados (soltos) também presentes na pilha de recebimento, representando a etapa do processo conhecida como “rasga saco”; (S) 1 saco com rejeito obtido na esteira final, após passagem por todas as etapas automatizadas e pela triagem manual realizada pelos cooperados.

**Figura 37** – Repres. ilustrativa das amostras coletadas na CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP



**Fonte:** Autoria própria, 2019

Como forma de compor uma coleta de maior abrangência, foram coletados resíduos em pelo menos três seções em cada pilha de recebimento (no topo, no meio e na base) em pontos aleatórios, conforme recomendado pela NBR 10.007 (ABNT, 2004).

Devido a critérios de segurança ocupacional no acesso à esteira com os resíduos desensacados pós “rasga-sacos”, estes foram coletados previamente nas pilhas de entrada de resíduos sob a forma de resíduos soltos, representando portando os resíduos que após passarem pelo equipamento “rasga-saco” tornam-se

expostos na esteira desensacados. Dada a diversidade de tipos de resíduos presentes, outro critério adotado no Plano de Amostragem para as amostras de entrada E1 e E2, foi a coleta de forma heterogênea dos resíduos, respeitando assim a proporcionalidade dos mesmos. Para coleta da amostra de saída S, realizada diretamente na última esteira do processo, a própria movimentação da esteira ligada durante a coleta propiciou atender ao critério de aleatoriedade da amostra coletada (Figura 38).

**Figura 38** – Coleta de amostras de Entrada (a) e Saída (b) na CMT Ponte pequena, São Paulo-SP

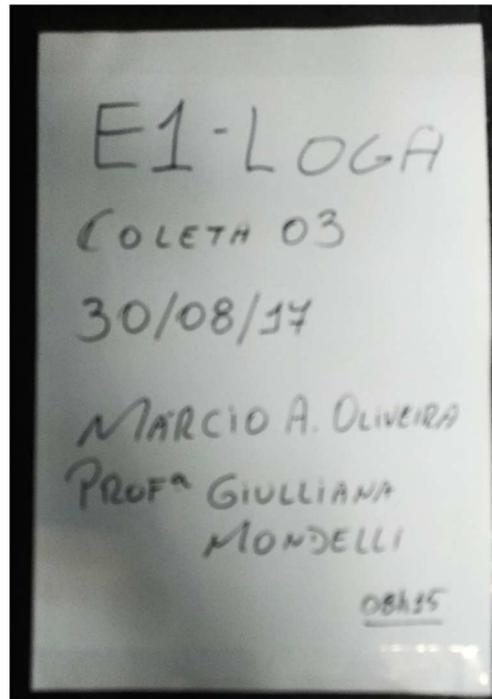


**Fonte:** Autoria própria, 2018

Em todas as coletas foram utilizados Equipamentos de Proteção Individual (EPI), devidamente dotados de seus Certificados de Aprovação (C.A), tais como: óculos de proteção ampla visão, máscara respiratória, luva emborrachada, calçado de segurança e capacete com jugular.

Cada saco de amostra foi hermeticamente fechado e etiquetado com informações de rastreabilidade e identificação, tais como: número e data da coleta, pontos de coleta (E1, E2 ou S) e nome dos responsáveis (discente e docente), conforme Figura 39.

**Figura 39** – Etiqueta de identificação da amostra



**Fonte:** Autoria própria, 2017

À medida em que as coletas eram realizadas, as amostras eram encaminhadas para armazenamento no Laboratório de Processos Biológicos da UFABC, Campus Santo André/SP, sendo posteriormente transportadas para o Laboratório de Integração de Sistemas Ambientais e Urbanos, localizado no Bloco L também da UFABC, onde foram realizadas as análises gravimétricas e granulométricas das amostras.

#### **4.5. Granulometria**

Para a realização da análise granulométrica, além dos EPI citados para proteção individual, as bancadas utilizadas para as análises também foram devidamente forradas com lonas plásticas para proteção e preservação das amostras e instalações.

O planejamento das análises foi precedido por um Cronograma de Trabalho, que proporcionou organizar o tempo e recursos necessários para o bom andamento da pesquisa.

Para as análises laboratoriais dos resíduos, foram adaptados procedimentos descritos nas normas NBR 10.007:2004, MODECOM:1993 e NBR 7.181:2016, como segue:

1. O saco de amostras coletadas a ser analisado, seja E1, E2 ou S, foi primeiramente pesado em balança eletrônica com indicador digital Micheletti e capacidade máxima de 300 kg, para verificar o seu peso bruto e, em seguida, obter o peso líquido da amostra ao descontar o peso do saco plástico, cuja tara é de 95 gramas/unidade.

A realização deste item baseou-se no critério indicado pelo método suíço Dechets Urbains, o qual cita que uma mesma pessoa deve realizar a pesagem e o registro dos dados durante o período da análise (CRUZ, 2005).

2. Os resíduos do saco a serem analisados foram dispostos de maneira aleatória na bancada, previamente forrada com lona plástica para facilitar o manuseio e permitir uma melhor visualização dos mesmos.

3. Para o peneiramento grosso, realizou-se a montagem de peneiras de aço inoxidável na ordem da maior para menor malha, indo de 100, 75, 50, 37.5, 25, 19 a 9.5 mm, diretamente sobre o agitador de peneira 8" x 2", possibilitando a análise granulométrica da fração de resíduos que apresenta maiores dimensões.

Como não existe um procedimento padrão ou norma específica sobre a adoção de peneiras para ensaio de granulometria de resíduos, e como estes são compostos por materiais de dimensões bastante diversificadas, havendo desde peças centimétricas, tais como garrafas plásticas, vidro, papel, etc., até materiais milimétricos, como restos orgânicos e similares, uma possibilidade para a caracterização granulométrica dos resíduos é a realização de uma análise de peneiramento e traçado da curva de distribuição do tamanho dos grãos, como se faz rotineiramente em mecânica dos solos (ABREU, 2015). Assim, a maior parte das peneiras utilizadas para realizar o peneiramento grosso foi escolhida a partir da NBR 7.181 (ABNT, 2016) e empregada para o peneiramento de resíduos sólidos (Figura 40).

O tempo de peneiramento foi aleatório, ou muitas vezes manual, dada a heterogeneidade de forma geométrica dos resíduos, e a dificuldade dos mesmos passarem por uma peneira de malha quadriculada.

**Figura 40** – Montagem sequencial para o peneiramento grosso dos RSU secos



**Fonte:** Autoria própria, 2018

4. A quantidade de resíduos retida em cada peneira foi separada e pesada para obtenção do seu peso líquido. A pesagem foi realizada na Balança Eletrônica Digital Modelo 9094 da Toledo, com capacidade máxima de 15 kg.

5. Para o peneiramento fino, realizou-se a montagem das peneiras de maior para menor malha - sendo estas peneiras de inox com malhas de 4,75; 2; 1,18; 0,6; 0,42; 0,25; 0,15 e 0,075 mm - sobre o agitador de peneira 8" x 2", possibilitando a análise granulométrica da fração de resíduos que apresentava menores dimensões. A maioria das peneiras utilizadas para realizar o peneiramento fino também foi escolhida a partir da NBR 7.181 (ABNT, 2016) e adaptada para peneiramento de resíduos. O tempo de peneiramento foi aleatório, ou muitas vezes manual, dada a heterogeneidade de forma geométrica dos resíduos, e a dificuldade dos mesmos passarem por uma peneira de malha quadriculada.

6. A quantidade de resíduos retida em cada peneira foi separada e pesada para obtenção do seu peso líquido. Neste caso, o material com peso superior a 20 g foi pesado na Balança Eletrônica Digital Modelo 9094 da Toledo, com capacidade máxima de 15 kg e o material com peso inferior, foi pesado na Balança Analítica ATY224, devido a sua precisão de 0,0001 g (Figura 41).

A realização deste item baseou-se no critério indicado pelo método suíço Dechets Urbains, o qual cita que uma mesma pessoa deve realizar a pesagem e o registro dos dados durante o período da análise (CRUZ, 2005). Todos os valores de pesagem foram registrados nos formulários modelo apresentados em Anexo.

**Figura 41** – Pesagem diferenciada conforme precisão da amostra



**Fonte:** Autoria própria, 2018

#### **4.6. Gravimetria**

Após a realização da análise granulométrica, os materiais foram novamente dispostos de maneira aleatória nas bancadas, sobre a lona plástica, para realização da análise gravimétrica. Segundo Abreu (2015), “a fase sólida dos RSU pode ser caracterizada por meio da separação manual de seus constituintes em grupos de substâncias similares e determinação da massa destes vários grupos”, cuja análise é também conhecida como gravimetria.

Conforme a metodologia de Andrade (2017), para uma compreensão mais clara e sucinta dos resultados gravimétricos das amostras coletadas, os 26 tipos de materiais definidos inicialmente para a triagem foram reagrupados da forma como eram separados na Cooperativa Coopere. Assim, conforme sua similaridade (papel com papelão, revista e jornal, metal ferroso com não ferroso, PP fino com PP grosso,

*tetra pak* com embalagens compostas, plásticos diversos, etc.) as tipologias foram reduzidas para 22 grupos (Tabela 5).

Posteriormente a partir da análise dos valores de massa obtidos na gravimetria dos materiais que apareceram com destaque nas coletas, destas 22 tipologias, uma nova reclassificação com somente 12 tipologias de materiais foi definida e aplicada, visando melhor visualização (Tabela 6) e possibilidade de comparação dos resultados obtidos entre os demais estudos avaliados.

**Tabela 5** – Tipologia detalhada dos RSU

<b>Tipologia Detalhada dos Materiais</b>	
Papel	1- PET
Papelão	2- PEAD
Não Ferroso (latinha de alumínio)	3- PVC
Ferroso (Lata de aço)	4- PEBD
<i>Tetra pak</i>	5- PP
Vidro	6- PS
Tecido	7- Outros
Couro	Plástico não identificado
Borracha	Isopor
Madeira	Material eletrônico
Resíduo perigoso	Rejeito

**Fonte:** Modificado de Andrade, 2017

**Tabela 6** – Tipologia resumida dos RSU

<b>Tipologia Resumida dos Materiais</b>	
Papel/Papelão	Eletrônico
Outros	Rejeito
<i>Tetra pak</i>	Tecido
Borracha	Vidro
Plástico	Resíduo Perigoso
Isopor	Metal

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Para obtenção do peso líquido de cada tipo de material triado, o mesmo foi posteriormente pesado nas mesmas balanças utilizadas para a granulometria, seguindo-se o mesmo critério de precisão.

Para o quarteamento, seguiu-se o processo descrito na norma NBR 10.007 (ABNT, 2004), realizando a divisão em quatro partes iguais da amostra pré-homogeneizada, escolhendo-se duas partes opostas entre si que irão compor uma nova amostra e descartadas as outras duas partes restantes. As partes que geraram uma nova amostra passaram novamente pelo processo de quarteamento, até que o volume desejado, de 150g, fosse obtido. Após o quarteamento, os resíduos foram divididos em dois grupos: fração para trituração e fração para descarte.

A fração separada para trituração, de acordo com os critérios indicados, foi processada em moinho de modelo N200 da marca Rone (Figura 42). Para a trituração, houve a separação dos materiais de cada coleta seguindo-se os critérios: E1 + E2, considerando a similaridades dos resíduos presentes nos mesmos;  $S_{\text{recicláveis}}$  e  $S_{\text{rejeitos}}$ , uma vez que, mesmo sendo uma amostra de resíduos com finalidade de serem dispostos em aterros, apresenta não apenas rejeitos, mas também uma parcela de materiais recicláveis. Após a trituração, as amostras processadas foram acondicionadas em embalagem estanque e armazenadas sob refrigeração a 4º C, de acordo com a NBR 10.007 para conservar possível material orgânico existente e evitar a degradação da amostra.

**Figura 42** – Trituração das amostras de RSU secos selecionadas

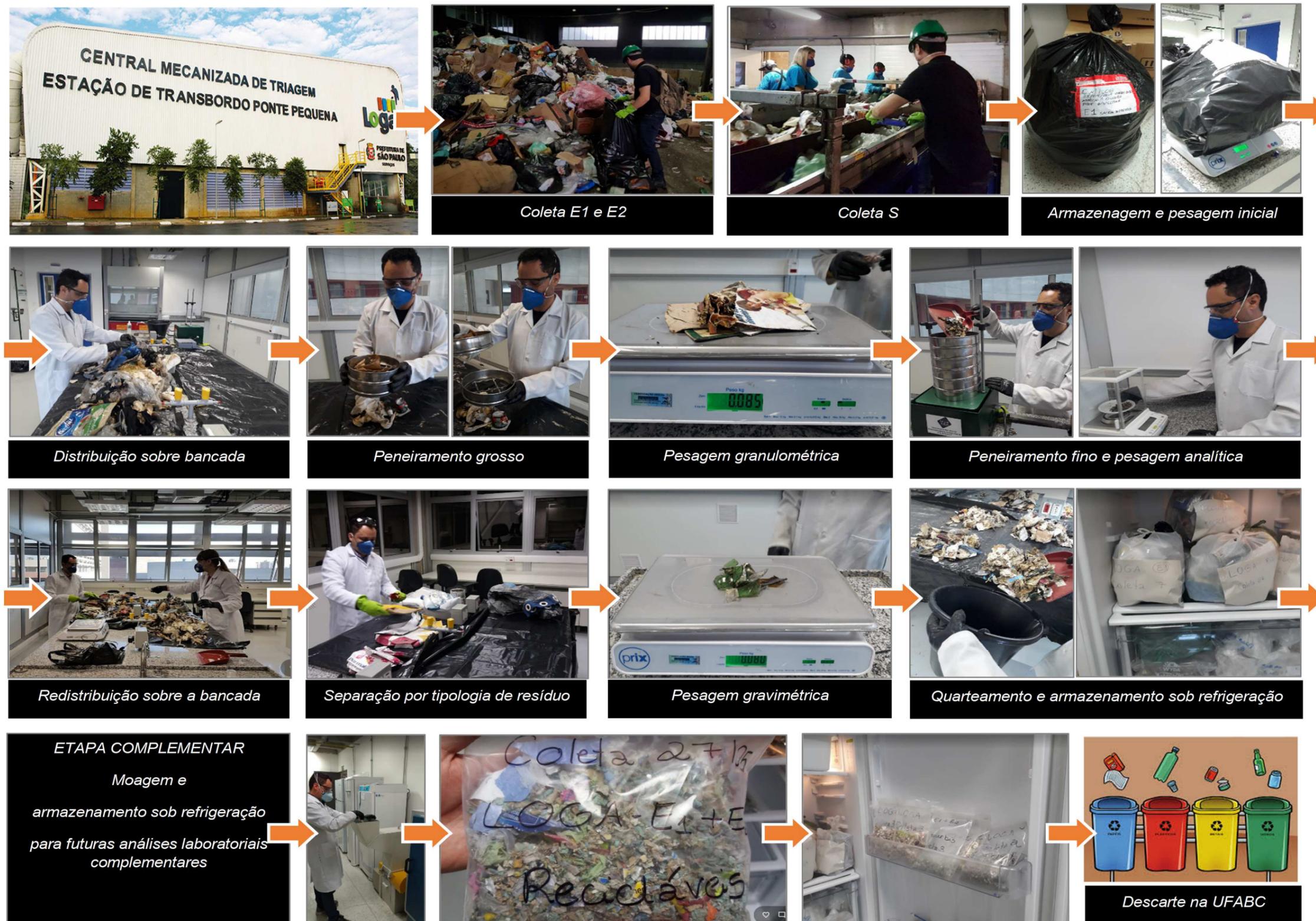


**Fonte:** Autoria própria, 2019

Embora não faça parte do escopo desta pesquisa, estudos e análises complementares, tais como teor de umidade, teor de matéria orgânica, teor de sólidos totais voláteis, pH e condutividade elétrica, foram realizados de forma a complementar a caracterização geoambiental das amostras provenientes da trituração mencionada, que ficaram à disposição sob refrigeração no laboratório da UFABC.

Na Figura 43 é possível conhecer de forma sequenciada o fluxo das etapas do processo de coleta e análise citados.

Figura 43 – Fluxograma das etapas do processo de amostragem e análise dos RSU secos provenientes da CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP (2017 - 2018)



Fonte: Autoria própria, 2019

Abaixo seguem as principais dificuldades encontradas durante a realização das análises laboratoriais:

- Necessidade de armazenagem dos sacos coletados em laboratório com área aberta, devido ao odor e presença de vetores;
- Muitas embalagens não apresentarem a indicação do tipo de plástico para a realização adequada da gravimetria;
- Materiais perigosos e infecciosos (como por exemplo lâmpadas, pilhas e cadáver de uma animal) encontrados durante as análises devido a uma separação realizada de forma incorreta pela população.

#### **4.7. Análise dos Dados**

A partir da análise dos dados gerados através das caracterizações gravimétricas e granulométricas, foi possível, mediante levantamento estatístico, avaliar o comportamento das amostras coletadas, conforme as diversas tipologias de resíduos pesquisadas.

Sempre que necessário, visando a melhor compreensão da heterogeneidade dos resíduos amostrados, foram analisados conjuntamente os parâmetros de gravimetria e granulometria para um melhor entendimento da relação tamanho, massa e tipo de resíduo triado.

Para ser eficiente, um programa de Coleta Seletiva necessita basicamente de dois objetivos: ser universalizado, garantindo o atendimento de toda a população do município; e garantir a eficiência no processo de triagem dos materiais recicláveis por meio da baixa geração de rejeitos.

Embora Cervantes (2018) aponte o uso de indicadores como uma ferramenta útil na gestão de Resíduos Sólidos Municipais, descreve também algumas dificuldades que não permitem aproveitar ao máximo seu potencial, como o baixo controle, escassez e até mesmo obsolescência de informações disponibilizadas pelos gestores desses resíduos, além muitas vezes da falta de transparência, disponibilidade dos dados e a própria falta de homogeneidade estatística (CERVANTES et al., 2018).

BESEN (2011), apresenta alguns índices de referência que podem ser utilizados para monitorar a sustentabilidade dos Programas de Coleta Seletiva, entre eles a Taxa de Recuperação de Materiais Recicláveis (TRMR) e a Taxa de Rejeito (TR), calculados conforme a seguir:

$$\text{TRMR (\%)} = \frac{\text{Quantidade da coleta seletiva} - \text{quantidade de rejeito da triagem} \times 100}{\text{Quantidade da coleta seletiva} + \text{quantidade da coleta regular}}$$

$$\text{TR (\%)} = \frac{\text{Quantidade coleta seletiva} - \text{quantidade de materiais comercializados} \times 100}{\text{Quantidade da coleta seletiva}}$$

O TRMR tem como objetivo expressar a fração de material encaminhado para a reciclagem a partir de toda quantidade de resíduos gerada pelo município e desviada dos aterros. Já o TR expressa a eficiência de segregação dos materiais reciclados na fonte e nos locais de triagem, permitindo ainda avaliar se o material pode ser reciclado e se o mesmo é economicamente praticável.

Bringheti (2004) também identificou os principais indicadores utilizados para o planejamento e a avaliação de desempenho em Programas de Coleta Seletiva de RSU no Brasil e indica o Índice de Recuperação de Materiais Recicláveis – IRMR (%) para expressar a quantidade de materiais recicláveis que deixaram de ser enviados à destinação final por terem sido separados pelo processo de coleta seletiva:

$$\text{IRMR (\%)} = \frac{\text{Quantidade de materiais recicláveis} - \text{quantidade de rejeito} \times 100}{\text{Quantidade total de RSU coletada} + \text{quantidade de materiais recicláveis}}$$

Com o devido monitoramento da TRMR torna-se possível verificar qual é a fração de material encaminhado para a reciclagem de toda a quantidade de resíduos gerada pelo município, que é desviado dos aterros. Conhecendo-se a caracterização gravimétrica do resíduo gerado, é possível estimar quanto de material reciclado ainda está sendo destinado a aterros sanitários e trabalhar em ações para a redução desse volume.

Há uma relação diretamente proporcional nesta taxa, já que quanto maior for o resultado da TRMR, melhor está sendo o Programa de Coleta Seletiva, possibilitando inclusive acompanhar sua performance ao longo de um determinado período de avaliação.

Já com o monitoramento da TR, é possível verificar a eficiência de segregação dos materiais reciclados na fonte e nos locais de triagem. Quanto menor o resultado da TR, melhor está sendo implantado o Programa de Coleta Seletiva. Através desse índice, conseguimos analisar a fração de material encaminhado para a reciclagem pela fonte geradora, que após a triagem:

- a) pode ser de fato reciclado devido às características do material;
- b) é economicamente viável de ser reciclado.

As informações de quantitativos utilizadas para cálculo dos indicadores, foram obtidas tanto experimentalmente pelo presente estudo no período entre maio/2017 a maio/2018, quanto diretamente no site da AMLURB, para o mesmo período (PMSP, 2019d).

Tais índices, indicados acima, também foram utilizados para análise dos resultados obtidos, permitindo verificar a possibilidade de melhorias quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do Agrupamento Noroeste do Município de São Paulo.

Os resultados de gravimetria obtidos também foram relacionados com os IDHMs levantados no capítulo anterior, correspondentes aos setores de cada subprefeitura que contribui com o envio de RSU secos para a CMT Ponte Pequena.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Com base nas informações coletadas em campo, e dada a enorme heterogeneidade dos resíduos, foi elaborado um inventário contendo os dados de coleta, as principais características e as condições observadas nos materiais coletados, buscando um direcionamento para a análise dos resultados (Tabela 7).

Tabela 7 – Inventário detalhado das coletas e análises

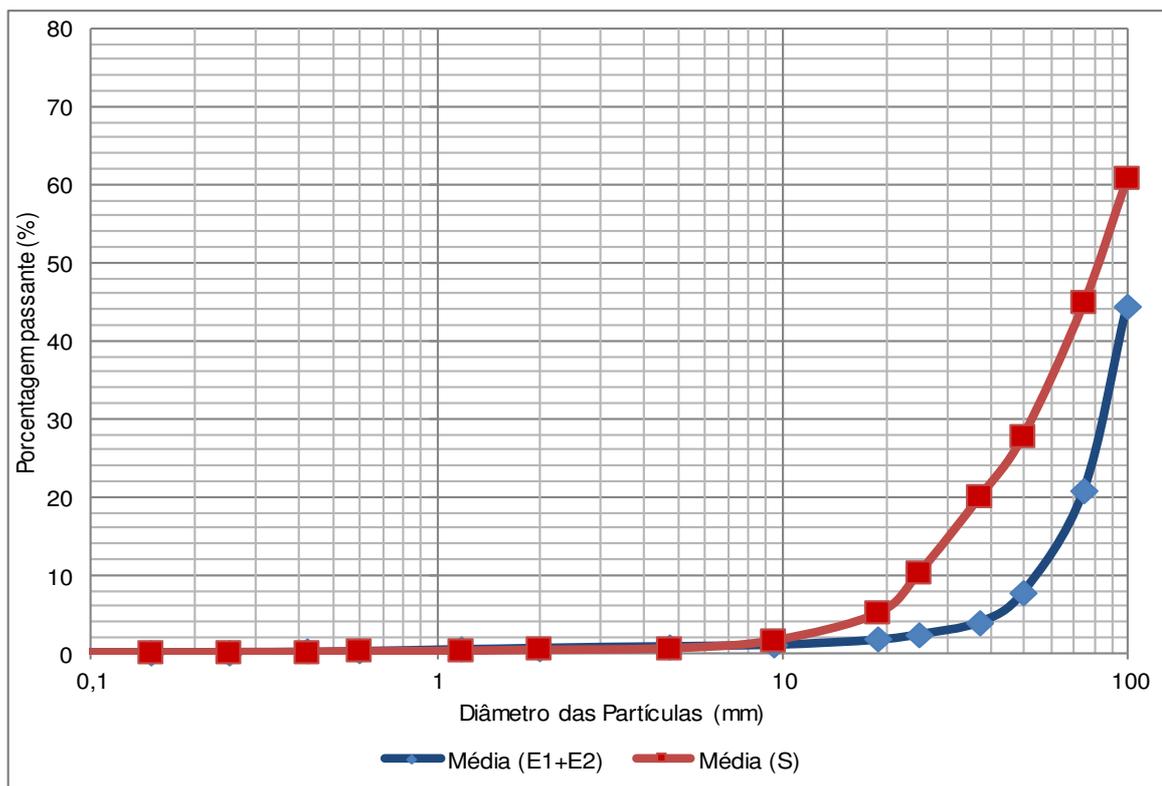
Coleta	Data da Coleta	Horário	Estação do ano	Eventos sazonais	Número de setores atendidos por Subprefeituras nas coletas realizadas											Total	Destques	Observações	
					BT	CV	FB	LA	MG	MO	PE	PI	PJ	SE	ST				
1	sábado, 27/05/17	09h45	Outono	14/mai - Dia das Mães 20 e 21/mai - Vir. Cultural	1	1	1	3			1						7	<p>↑ <b>Tecido</b> na amostra <b>E1</b></p> <p>↑ <b>R. Perigoso</b> na amostra <b>E1</b></p> <p>↑ <b>PET</b> na amostra <b>E1</b></p> <p>↓ <b>Papelão</b> na amostra <b>S</b></p> <p>↑ <b>Vidro</b> na amostra <b>S</b></p> <p>↑ <b>PEAD</b> na amostra <b>S</b></p> <p>↑ <b>Papelão</b> na amostra <b>E1</b></p>	<p>Encontrada embalagem vazia de óleo lubrificante (classe I).</p> <p>Presença de muito caco de vidro na esteira de rejeito.</p> <p>Grande presença de plásticos diversos.</p>
2	sexta-feira, 23/06/17	12h30	Inverno	15/jun - Corpus Christi 24/jun - Festas Juninas				2		1		4		4	1	12	<p>↑ <b>PET</b> na amostra <b>E2</b></p> <p>↑ <b>PP</b> na amostra <b>S</b></p> <p>↑ <b>Madeira</b> na amostra <b>S</b></p> <p>↑ <b>Vidro</b> na amostra <b>E1</b></p>	<p>Maior quantidade coletada nas Sub. de Pinheiros e Sé.</p> <p>Grande presença de papelão.</p> <p>Grande presença de emblemas plásticas.</p> <p>Grande presença de madeira</p>	
3	quarta-feira, 30/08/17	08h15	Inverno	13/ago - Dia dos Pais	1	1	1	3						1		7	<p>↑ <b>Papelão</b> na amostra <b>S</b></p> <p>↓ <b>Rejeito</b> nas amostras <b>E1 e S</b></p> <p>↑ <b>Papelão</b> na amostra <b>E1</b></p>	<p>Grande presença de papelão molhado na amostra de saída.</p> <p>Grande presença de vidro.</p>	
4	segunda-feira, 30/10/17	10h00	Primavera	12/out - Dia das Crianças 15/out - Dia dos Professores		1		2	1	1	2	4		1	1	13	<p>↑ <b>Papel</b> na amostra <b>E2</b></p> <p>↑ <b>Metais</b> na amostra <b>E1</b></p> <p>↑ <b>Vidro</b> na amostra <b>E2</b></p> <p>↑ <b>PEBD</b> na amostra <b>E1</b></p>	<p>Maior quantidade coletada na Subprefeitura de Pinheiros.</p> <p>Grande presença de papelão.</p> <p>Grande presença de vidro.</p>	
5	quinta-feira, 21/12/17	10h30	Verão	25/dez - Natal	2		1	3				1		1	1	9	<p>↑ <b>Papelão</b> na amostra <b>E2</b></p> <p>↑ <b>Papel</b> na amostra <b>E2</b></p> <p>↑ <b>Rejeito</b> na amostra <b>S</b></p> <p>↑ <b>Isopor</b> nas amostras <b>E1 e S</b></p> <p>↑ <b>Papel</b> nas amostras <b>E1 e E2</b></p>	<p>Grande presença de Revistas e Jornais molhados.</p> <p>Maior quantidade de Rejeito.</p>	
6	sábado, 10/03/18	08h00	Verão	08/mar - Dia da mulher 25/mar - Semana Santa	2	1	1	3	1		2		1		2	13	<p>↑ <b>Rejeito</b> nas amostras <b>E1, E2 e S</b></p> <p>↑ <b>Mat. eletrônico</b> na amostra <b>E1</b></p> <p>↑ <b>Plástico não Id.</b> na amostra <b>S</b></p> <p>↑ <b>Plást. Não Id.</b>, amostras <b>E1, E2 e S</b></p>	<p>Grande presença de rejeito tanto na entrada, quanto na saída.</p> <p>Presença de CDs e Liquidificador na amostra de entrada (res. eletrônico).</p>	
7	sexta-feira, 25/05/18	09h00	Outono	01/mai - Dia do Trabalho 13/mai - Dia das Mães 19 e 20/mai - Vir. Cultural	5	1	2	1	1		3		2		1	16	<p>↓ <b>Papel</b> na amostra <b>E2</b></p> <p>↑ <b>Rejeito</b> nas amostras <b>E2 e S</b></p> <p>↑ <b>Papel</b> na amostra <b>E2</b></p>	<p>Amostra com maior quant. de setores, destaque para Sub. do Butantã.</p> <p>Grande presença de plástico não ident.</p> <p>Presença de animal morto.</p>	

Fonte: Autoria própria, 2019

## 5.1. Granulometria

A Figura 44 representa a **média** obtida na análise granulométrica das amostras de entrada, quando somados (E1 + E2), e nas amostras de saída (S). Podemos observar que a partir das peneiras cuja malha é superior a 10 mm, os resíduos constituintes das amostras de entrada apresentam maior dimensão em relação aos de saída, dado ao fato de que as amostras de entrada são constituídas majoritariamente por materiais recicláveis em detrimento ao número de rejeitos, que no momento da coleta, não haviam ainda sido triados.

**Figura 44** – Curvas granulométricas médias (E1+E2) e (S) – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP



**Fonte:** Autoria própria, 2019

Por conseguinte, pela Tabela 8, observa-se que na **média**, os resíduos presentes nas coletas de saída (S), por já terem sido processados na CMT quando da sua coleta como amostra, onde boa parte dos resíduos de maior volume já haviam sido

retirados pelos processos de triagem mecânica e manual, apresentavam maior percentual passante em todas as peneiras grossas (malha de 9,5 a 100 mm).

**Tabela 8** – Valores médios percentuais de materiais passantes na análise granulométrica – CMT  
Ponte Pequena, São Paulo-SP

	Abertura (mm)	Média	
		E1+E2 %	S %
<b>PENEIRAMENTO GROSSO</b>	100	44,3	58,4
	75	20,7	44,8
	50	7,7	29,2
	37,5	3,9	21,4
	25	2,3	11,0
	19	1,6	5,0
	9,5	1,0	1,5
<b>PENEIRAMENTO FINO</b>	4,75	0,8	0,5
	2	0,6	0,3
	1,18	0,4	0,2
	0,6	0,2	0,1
	0,42	0,1	0,1
	0,25	0,0	0,0
	0,15	0,0	0,0
	0,075	0,0	0,0
Fundo	0,0	0,0	

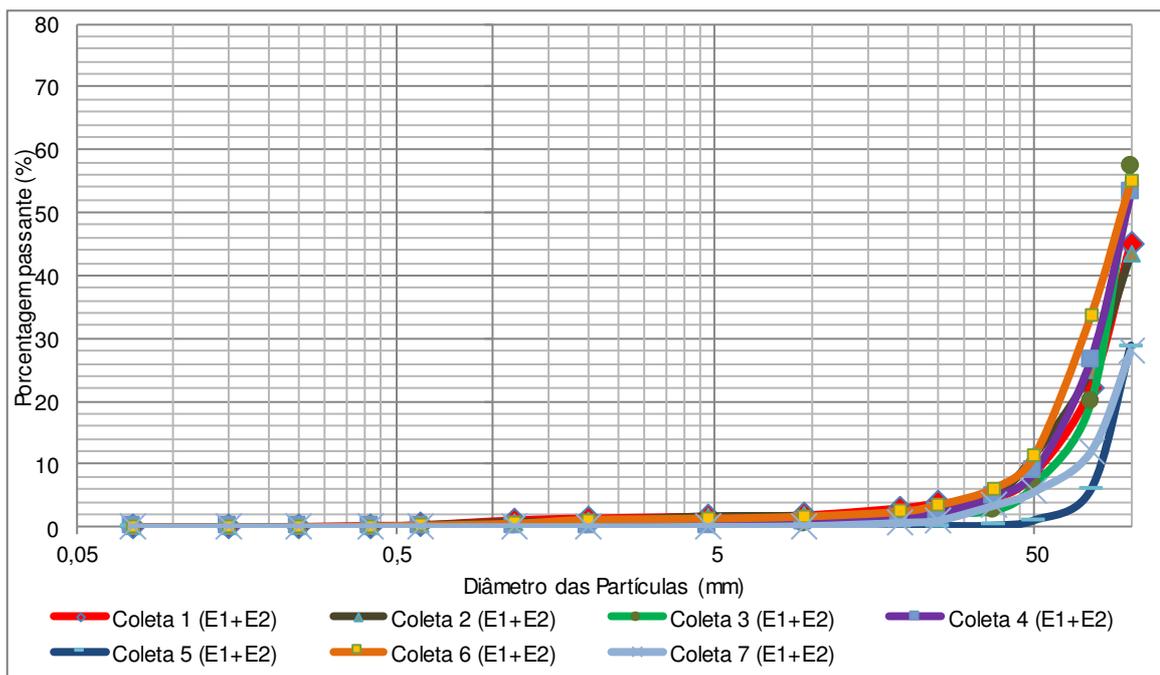
**Fonte:** Autoria própria, 2019.

Ao analisarmos os resultados individualmente por coleta de entrada (E1+E2) na Tabela 9, notamos que nas amostras relativas à coleta nº 5, realizada em dezembro de 2017, somente 28,8 % dos materiais passaram pela primeira peneira com malha de 100 mm, ou seja, 71,2 % dos materiais ficaram retidos (Figura 45). Uma provável explicação para a amostra nº 5 apresentar maior concentração de materiais volumosos, talvez seja a expressiva contribuição de resíduos constituintes de embalagens plásticas, de papel e papelão, que normalmente compõem de forma majoritária produtos comercializados nesta época de festas de fim de ano (Tabela 7), cuja somatória representou em massa, 77,8 % de toda coleta de entrada (E1+E2).

Pelo contrário, vimos ainda na somatória das amostras de entrada relativas à coleta nº 6, de março de 2018, que grande parte dos materiais passaram pelas 3 primeiras peneiras de maior malha (100, 75 e 50 mm, respectivamente), indicando significativa ausência de materiais mais volumosos na composição da amostra, possivelmente justificado pela alta presença de rejeitos, 26,2 % em massa nestas amostras, contra uma média de 8,9 % dentre todas as amostras de entrada (Tabela 7). Não foi identificada uma razão suficientemente segura que explicasse tal fato.

Nas demais 5 amostras de entrada expressas no Gráfico da Figura 45, observou-se um comportamento representado por curvas semelhantes, considerando a relação abertura versus diâmetro das partículas.

**Figura 45** – Curvas granulométricas das amostras de entrada (E1+E2) – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP

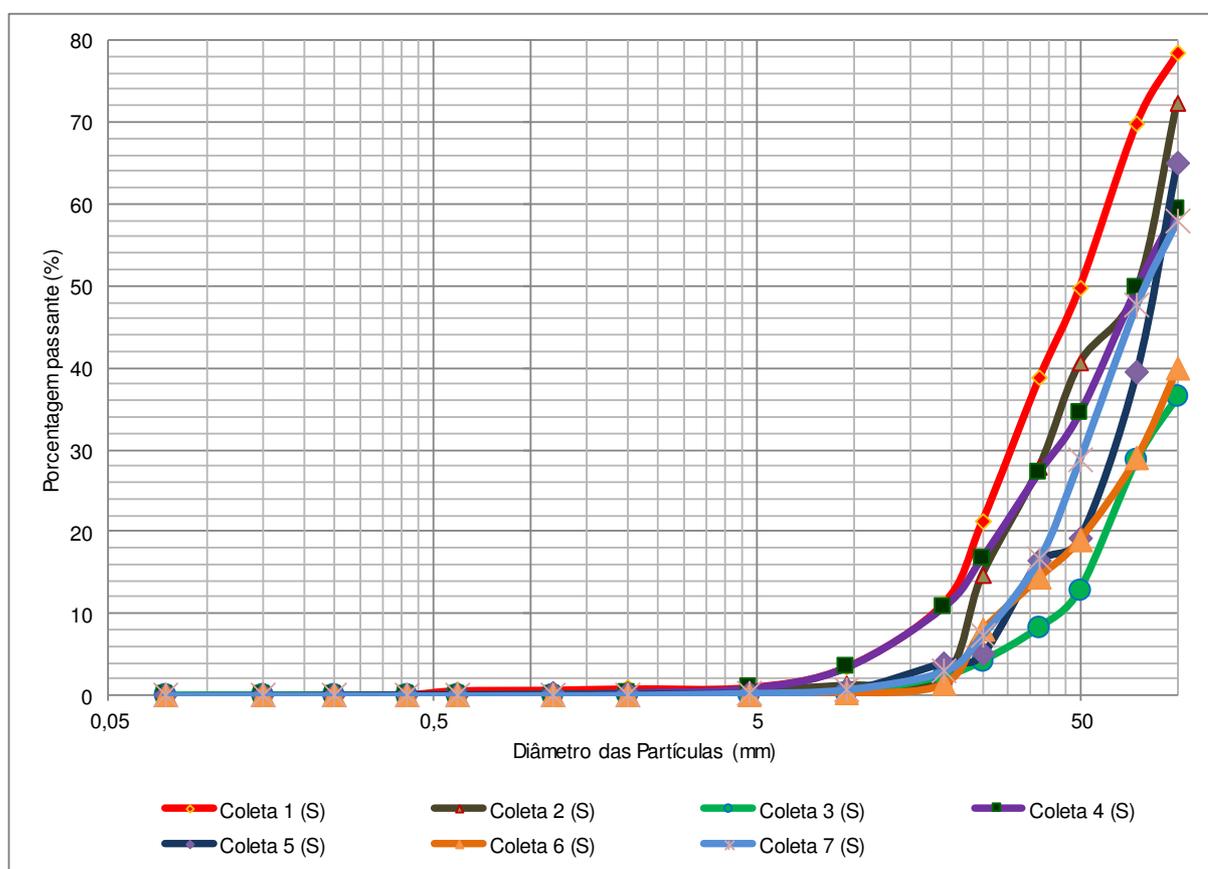


**Fonte:** Autoria própria, 2019

Na Figura 46 estão consolidadas as informações gravimétricas das amostras de saída (S), recolhidas como já citado, ao final da esteira, cujo material é considerado rejeito pela CMT para disposição direta no Aterro Sanitário, percebe-se uma curvatura relativamente similar entre as amostras, exceto em uma delas. Na

amostra (S) da coleta nº 1, considerada também como Coleta Piloto realizada em maio de 2017, observaram-se materiais cujas dimensões apresentaram-se menos concentradas em determinadas faixas de abertura das peneiras, possivelmente devido a fatores inerentes ao processo de definição e calibração do Plano de Amostragem nesta coleta piloto.

**Figura 46** – Curvas granulométricas das amostras de saída (S) – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP



**Fonte:** Autoria própria, 2019

**Tabela 9** – Percentual de material passante por peneira granulométrica – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP

	Abertura mm	COLETA 1		COLETA 2		COLETA 3		COLETA 4		COLETA 5		COLETA 6		COLETA 7		MÉDIA	
		E1+E2 %	S %														
PENEIRAMENTO GROSSO	100	45,0	78,3	43,3	72,3	57,2	36,4	53,1	59,4	28,8	65,0	54,9	39,8	28,0	57,9	44,3	58,4
	75	22,0	69,8	25,0	49,5	19,8	28,7	26,6	49,7	6,0	39,4	33,6	29,0	12,0	47,6	20,7	44,8
	50	8,6	49,8	11,5	40,6	6,8	12,9	8,8	34,4	1,1	19,1	11,4	19,0	5,7	28,7	7,7	29,2
	37,5	4,6	38,7	5,1	27,9	2,7	8,3	4,8	27,2	0,3	16,4	6,2	14,4	3,5	16,6	3,9	21,4
	25	3,8	21,2	3,1	14,7	2,4	4,2	2,2	16,8	0,2	5,0	3,5	7,9	1,1	7,3	2,3	11,0
	19	3,0	11,3	2,0	2,3	1,6	2,4	1,5	10,8	0,2	4,0	2,5	1,4	0,7	2,9	1,6	5,0
	9,5	1,9	3,5	1,8	1,3	0,6	0,3	0,6	3,4	0,1	0,6	1,7	0,3	0,2	0,8	1,0	1,5
PENEIRAMENTO FINO	4,75	1,7	1,0	1,7	0,7	0,4	0,1	0,2	0,9	0,0	0,3	1,4	0,1	0,1	0,3	0,8	0,5
	2	1,4	0,9	1,0	0,4	0,2	0,1	0,1	0,4	0,0	0,2	1,2	0,0	0,0	0,1	0,6	0,3
	1,18	1,1	0,7	0,8	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2
	0,6	0,3	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
	0,42	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
	0,25	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,075	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Fundo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Autoria própria, 2019.

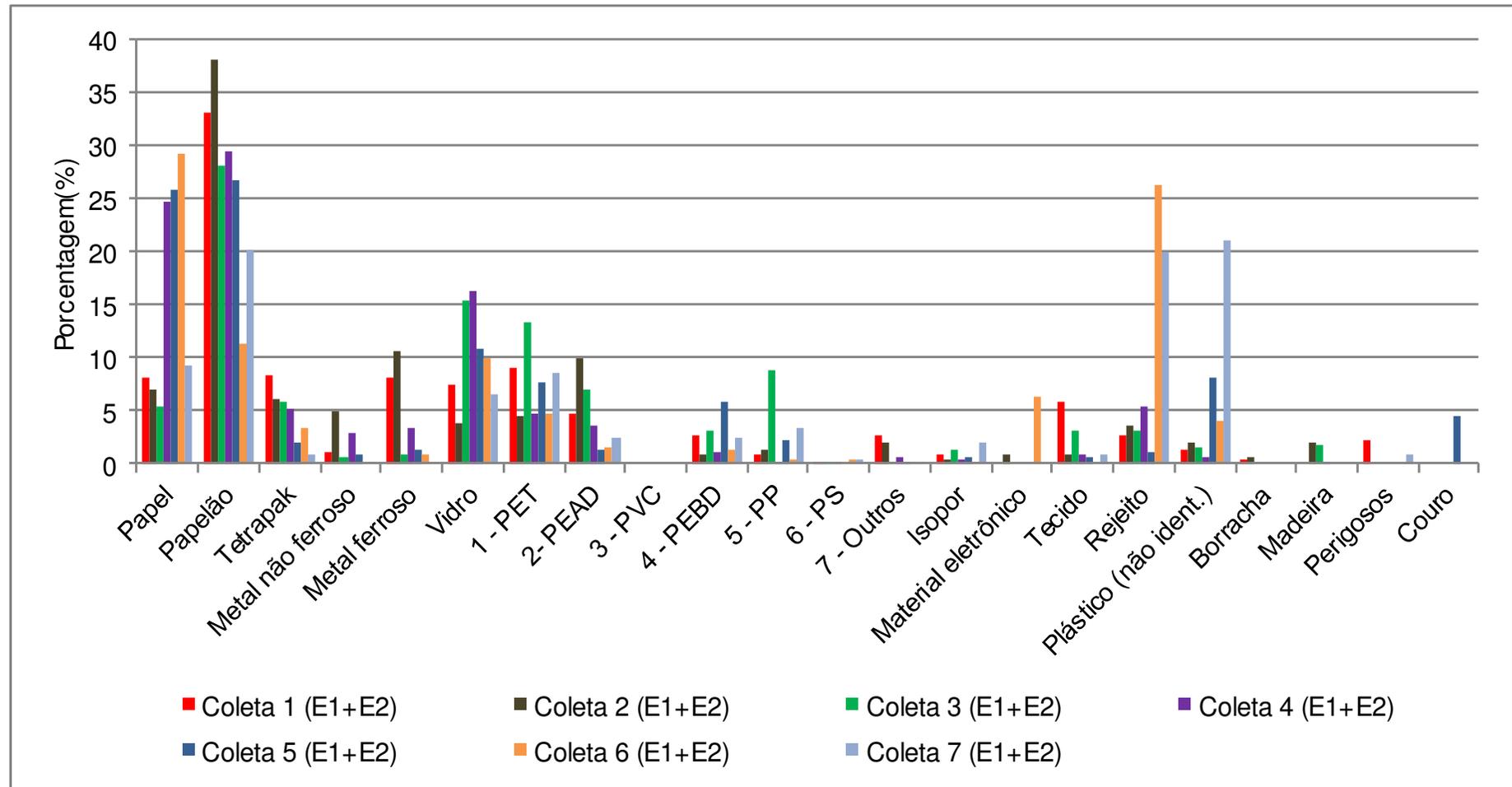
## 5.2. Gravimetria

No Brasil, não há dados primários ou secundários sobre a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos nos 27 estados que compõem o país (DUTRA et. al, 2018).

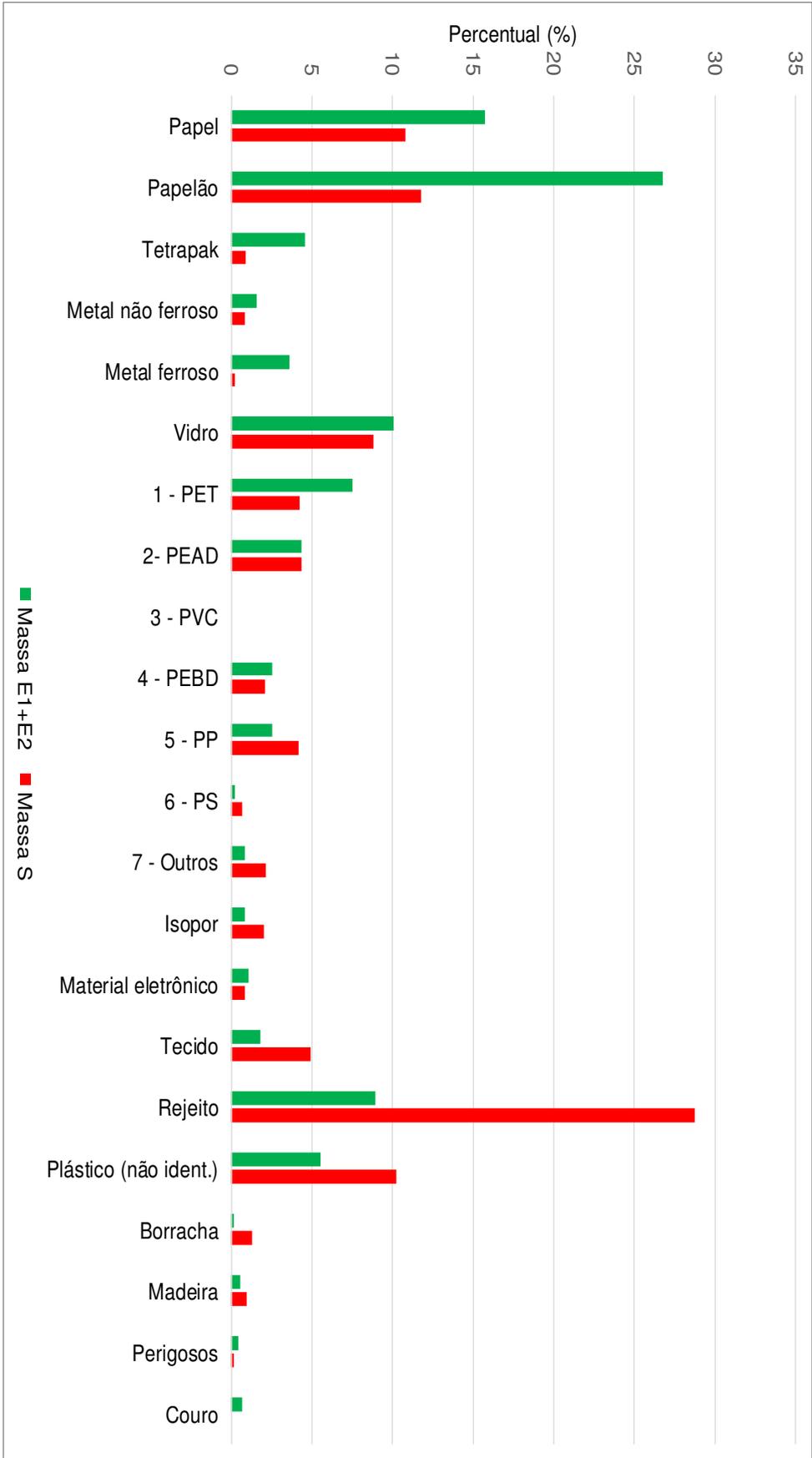
Segundo a Figura 47, representando as médias de entrada (E1+E2) distribuídas por cada uma das 7 coletas, é possível notar a oscilação na presença de um mesmo material ao longo das 7 coletas, demonstrando possivelmente como a sazonalidade e o local de geração podem influenciar na composição gravimétrica de uma amostra.

Ao considerar as médias de entradas e saídas separadamente, notamos na Figura 48 que há maior concentração percentual de determinadas tipologias de materiais, sendo as mais presentes: papel/papelão, embalagem multicamadas (*tetra pak*), Plástico, Rejeito, Vidro e Metal que juntos representam em média 94,5 % (E1+E2) e 89,9 % (S) na totalidade das amostras analisadas.

**Figura 47** – Composição média gravimétrica por coleta na Entrada (E1+E2) – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP



Fonte: Autoria própria, 2019



**Figura 48** – Composição média Gravimétrica – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP

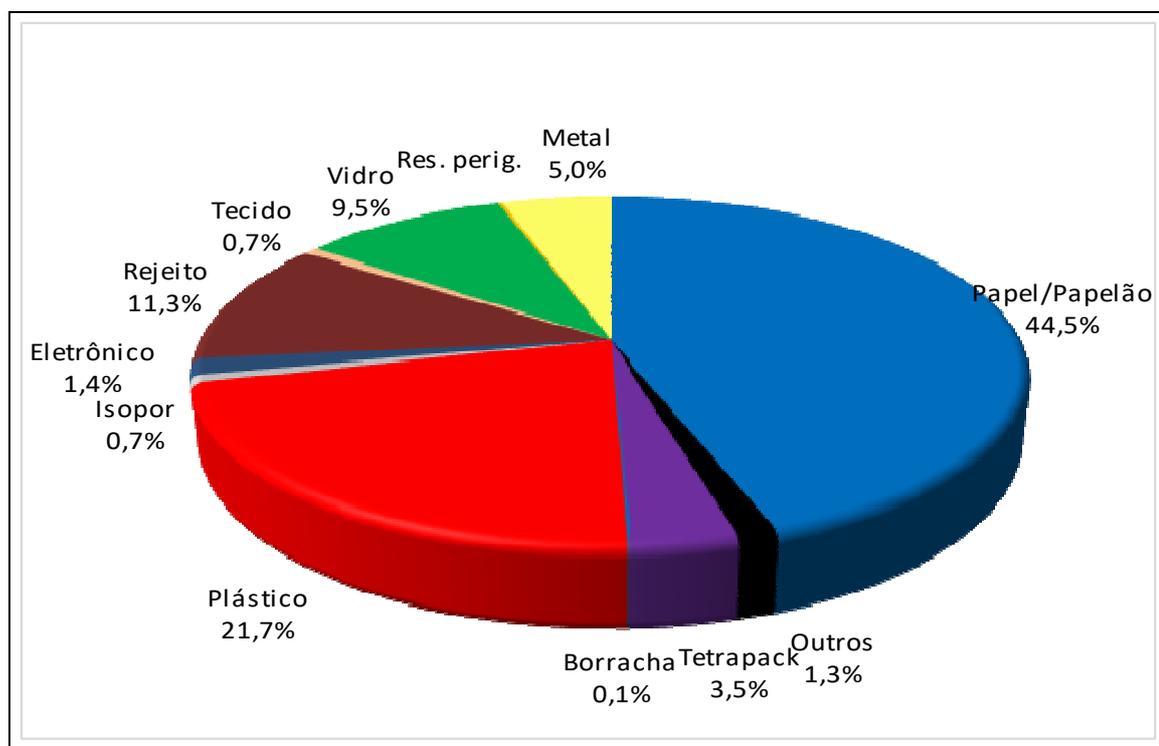
Fonte: Autoria própria, 2019

Ao realizar a subtração da porcentagem dos materiais comercializados de saída pelos de entrada em todas as 7 coletas, verificou-se que majoritariamente nas Coletas de nº 1 e 3 os resultados para determinadas tipologias eram positivos, ou seja, saída maior que entrada. Sendo assim, optou-se por desconsiderá-las nos Gráficos das Fig. 49, 50 e 51, bem como, nos indicadores de desempenho da coleta seletiva. Tais exclusões visaram obter valores amostrais mais representativos do processo na CMT.

É provável que pelo fato da Coleta nº 1 ter sido utilizada como meio de calibração metodológica, seus dados tenham apresentado tais discrepâncias acima citadas. Quanto a Coleta nº 3, o fato da mesma ter apresentado alta presença de papel e papelão molhados, especialmente na amostra de saída (S) cujo percentual, somente destas duas tipologias, representou 70,1% de toda coleta 3, contra uma média de 14,6 % nas demais coletas, possivelmente contribuiu para tal resultado.

Dada a similaridade em termos de composição de materiais entre as amostras das coletas de entrada E1 e E2, na Figura 49, a seguir, apresenta-se com as entradas somadas onde predomina a presença do papel/papelão, plástico e vidro, com participação em massa de 75,6 % da totalidade destas 12 tipologias apresentadas. O percentual de rejeitos (11,3 %) sobressai a outros materiais como metal (5,0 %), tecido (0,7 %), eletrônico (1,4 %), isopor (0,7 %), *tetra pak* (3,5 %), borracha (0,1 %) e outros como couro e madeira (1,3 %), representando a qualidade da coleta seletiva realizada pelo respectivo município.

**Figura 49** – Principais tipologias presentes nas amostras de entrada – Média (E1+E2) – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP



**Fonte:** Autoria própria, 2019

Este destaque referente ao percentual de rejeito presente nas coletas de Entrada (E1 + E2), vai ao encontro do que se espera de amostras de materiais gerados em programas de coleta seletiva, embora seja almejada ainda sua diminuição.

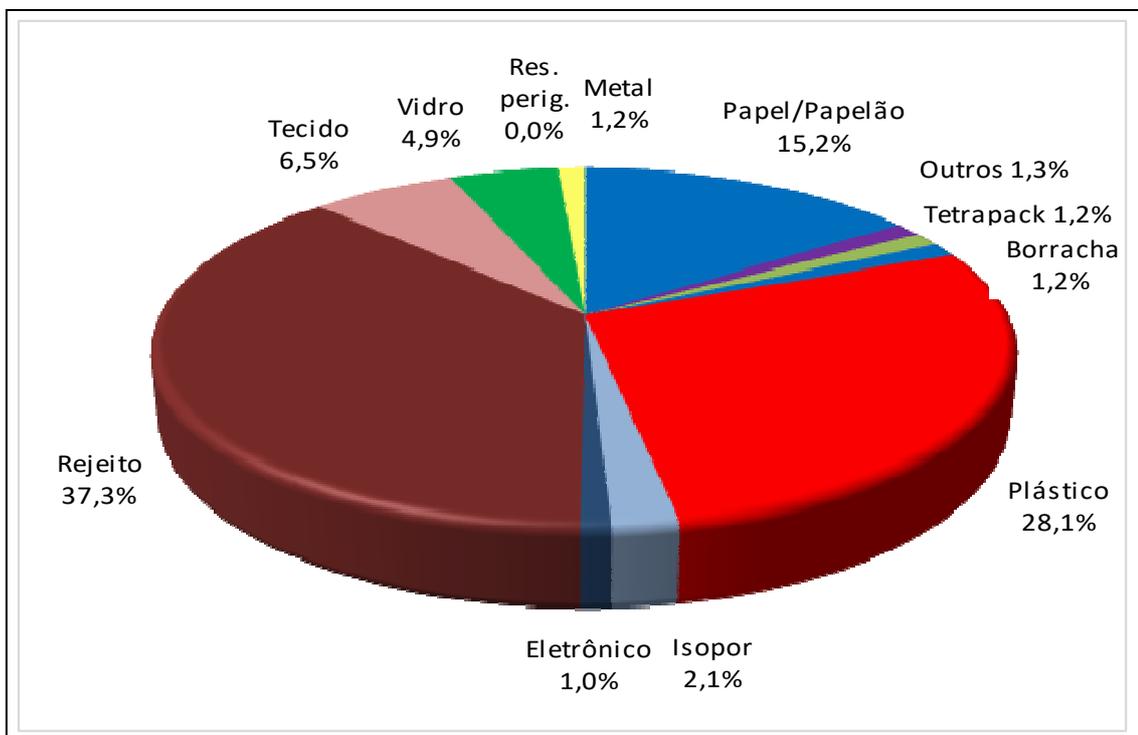
É provável que dada a predominância deste grupo de resíduos (papel, plástico e vidro) nas campanhas publicitárias sobre coleta seletiva e reciclagem, este conhecimento tem refletido na maior efetividade na separação destes materiais na fonte. Embora metais também façam parte deste segmento, seu melhor valor de mercado, especialmente os não ferrosos (latas de alumínio, por exemplo), podem justificar sua menor presença nas amostras avaliadas, pois são o foco de catadores informais. A presença de metais nas amostras de entrada nas CMTs Pte. Pequena, e C. M. de Jesus foi praticamente a mesma em torno de 5,0 %, resultado semelhante de 4,0 % foi encontrado nas amostras de entrada realizadas diretamente na Cooperativa Coopere (ANDRADE, 2017; JACINTO, 2019).

Em recente pesquisa realizada pelo instituto IBOPE Inteligência sobre a “coleta seletiva e a reciclagem no país”, o estado de São Paulo reflete maior

conhecimento sobre o tema quando comparado aos demais estados. Por exemplo, no Brasil 56 % dos entrevistados declaram que em suas cidades existem serviços de coleta seletiva, enquanto no estado de São Paulo o índice é de 66 %, sendo que 55 % dos paulistas afirmam utilizar esse serviço ante 44 % dos brasileiros (IBOPE, 2018).

A Figura 50, apresenta o resultado médio dos materiais constituintes das coletas de saída (S), ou seja, já triados na CMT, destaca-se novamente o percentual de rejeitos (37,3 %), indicando assim considerável presença de materiais recicláveis nas amostras de saída (S), sendo dispostos no Aterro Sanitário. É provável que na etapa de separação balística com o uso de sensores, parte dos materiais recicláveis presentes na esteira de rejeito não esteja sendo triada, mesmo com o posterior controle de qualidade manual.

**Figura 50** – Principais tipologias presentes nas amostras de saída – Média (S) – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP



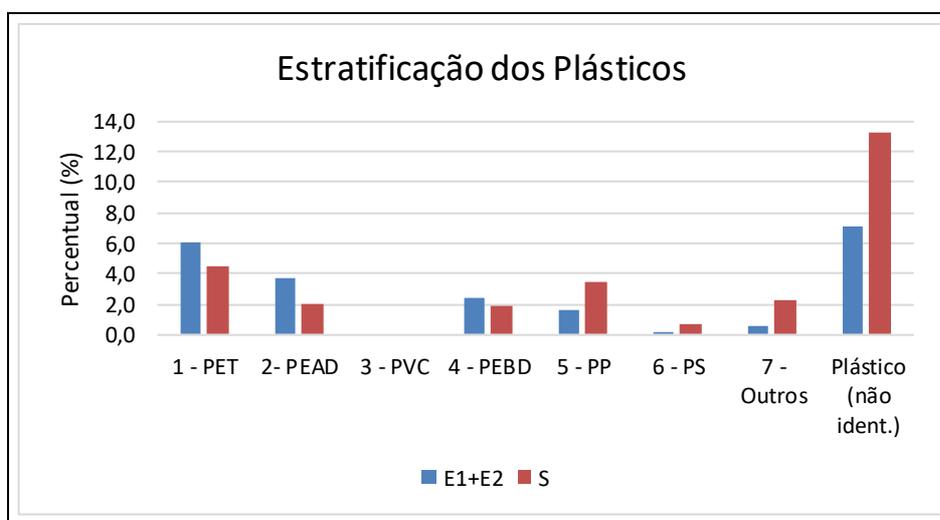
**Fonte:** Autoria própria, 2019

Como a presença de plástico é muito significativa nas amostras de entrada (21,7 %) e saída (28,1 %), a Figura 51 detalha o percentual de presença de cada tipo de plástico nas amostras de entrada (E1+E2) e saída (S), destacando a ausência de PVC. Segundo Piva (1999), a dificuldade de encontrar resíduo de PVC limpo no RSU, a necessidade de utilizar aditivos que recuperem suas propriedades físicas durante a reciclagem, sua alta abrasividade que danifica os equipamentos de reciclagem, com seu incremento nos custos finais, são as principais razões da baixa atratividade na reciclagem deste material, presente principalmente nas conexões hidráulicas, cortinas, calçados e demais produtos, devendo ser cada vez menos presente na fração seca dos RSU.

Outro fato importante é a expressiva presença de plásticos não identificados, sendo 7,2 % na entrada e 13,2 % na saída. Essa ausência de identificação nas embalagens normalmente inviabiliza sua triagem e conseqüentemente sua reciclagem, sendo então dispostos como rejeito (Andrade, 2017).

Plásticos classificados como “outros”, cuja identificação nas embalagens é representada pelo numeral 7, são normalmente compostos por policarbonatos, ABS, poliamida e acrílicos, não enquadrados nas demais seis classificações definidas para plásticos.

**Figura 51** – Estratificação Média dos Plásticos (E1+E2 e S) nas 5 coletas consideradas – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP



Fonte: Autoria própria, 2019

Em comparação com o estudo realizado por ANDRADE (2017) na Cooperativa de triagem manual Coopere, os rejeitos provenientes da Coleta Seletiva que chegavam e saíam da cooperativa eram de 12 % e 41 %, respectivamente. Os resultados obtidos na CMT Ponte Pequena foram bem diferentes: de 11 % para rejeitos na entrada e 37 % para os rejeitos na saída do processo de triagem, e encaminhados para aterro sanitário. Estudo realizado por JACINTO (2019) na CMT Maria Carolina de Jesus (Agrupamento Sudeste) no mesmo período e mesmos critérios de amostragem e análises do presente estudo detectou 5 % de rejeitos na entrada e 50 % na saída do processo de triagem.

MOREIRA (2017) afirma que variações de rejeito dependem de diferentes fatores como nível de conscientização da população e eficácia das campanhas; do rendimento operacional dos catadores; das condições do mercado para assimilar os materiais triados; do reaproveitamento de novos materiais e da abertura de fábricas recicladoras. A presença de contaminantes nos materiais recicláveis aumenta o nível de rejeitos no material coletado seletivamente, aumentando os custos dessa modalidade de coleta e diminuindo o valor dos materiais recuperados.

Ao se avaliar a composição gravimétrica das entradas ao longo de cada coleta, conforme a Tabela 10, notamos grandes oscilações percentuais de determinadas tipologias de resíduos, demandando uma análise mais detalhada das possíveis razões destas diferenças, através do isolamento dos principais resíduos e seu estudo individualizado.

**Tabela 10** – Percentual gravimétrico por tipologia de material (entradas e saídas) – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP

RESÍDUOS	COLETA 1				COLETA 2				COLETA 3				COLETA 4				COLETA 5				COLETA 6				COLETA 7				MÉDIA				
	(E1) %	(E2) %	E1+E2 %	(S) %																													
Papel	8,0	8,2	8,1	10,2	7,6	6,5	7,1	11,7	6,8	4,2	5,5	24,7	7,4	42,3	24,8	12,9	17,2	34,4	25,8	3,1	31,6	27,0	29,3	9,8	16,8	1,9	9,4	3,1	13,6	17,8	15,7	10,8	
Papelão	25,6	40,5	33,0	1,4	40,8	35,5	38,2	1,5	29,1	27,2	28,1	45,5	43,8	15,1	29,4	17,1	12,8	40,7	26,8	9,4	17,4	5,3	11,3	0,0	21,1	19,4	20,3	7,4	27,2	26,3	26,7	11,8	
Tetrapak	10,3	6,3	8,3	0,0	7,3	5,0	6,1	1,9	0,0	11,7	5,9	0,0	9,7	0,7	5,2	0,0	3,2	0,7	1,9	2,6	0,5	6,5	3,5	1,6	0,6	1,3	0,9	0,0	4,5	4,6	4,6	0,9	
Metal não ferroso	1,6	0,5	1,1	0,5	8,1	1,7	4,9	4,4	0,6	0,9	0,7	0,0	5,7	0,0	2,9	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,5	0,0	0,2	0,0	2,7	0,4	1,5	0,8	
Metal ferroso	0,0	16,2	8,1	0,6	5,9	15,3	10,6	0,8	0,0	1,6	0,8	0,0	6,8	0,0	3,4	0,0	2,7	0,0	1,3	0,0	0,0	1,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	5,0	3,6	0,2	
Vidro	4,2	10,7	7,5	26,6	2,1	5,4	3,8	2,9	30,9	0,0	15,4	10,9	4,7	28,1	16,4	9,9	20,2	1,5	10,9	3,7	11,6	8,2	9,9	5,0	13,2	0,0	6,6	2,8	12,4	7,7	10,1	8,8	
1 - PET	13,9	4,0	9,0	6,6	6,8	2,3	4,5	15,6	7,2	19,6	13,4	0,3	6,2	3,1	4,7	3,0	10,7	4,6	7,7	1,7	2,0	7,4	4,7	0,7	1,5	15,8	8,6	1,7	6,9	8,1	7,5	4,2	
2- PEAD	4,6	4,9	4,7	20,5	2,1	17,9	10,0	4,5	3,8	10,1	7,0	0,1	5,5	1,6	3,5	0,3	1,3	1,3	1,3	4,0	0,0	2,9	1,5	0,0	4,9	0,0	2,4	1,2	3,2	5,5	4,4	4,4	
3 - PVC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4 - PEBD	4,6	0,7	2,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,7	0,0	6,5	3,3	4,5	1,0	1,3	1,1	1,0	11,3	0,4	5,9	3,4	1,6	1,3	1,5	1,3	0,4	4,6	2,5	2,1	2,8	2,3	2,5	2,1	
5 - PP	1,3	0,6	0,9	11,0	2,2	0,6	1,4	12,6	7,5	10,1	8,8	0,7	0,6	0,0	0,3	0,3	4,0	0,3	2,2	2,6	0,3	0,6	0,5	0,8	4,0	3,0	3,5	1,2	2,8	2,2	2,5	4,2	
6 - PS	0,6	0,0	0,3	1,0	0,1	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,7	0,4	0,5	0,0	0,9	0,5	0,6	0,1	0,2	0,2	0,7	
7 - Outros	4,6	1,0	2,8	2,7	2,7	1,4	2,0	9,4	0,0	0,2	0,1	0,9	1,1	0,2	0,7	0,8	0,0	0,3	0,2	1,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,5	0,8	2,1	
Plástico (não ident.)	1,7	1,0	1,4	0,8	2,7	1,5	2,1	1,6	1,5	1,6	1,5	4,5	1,1	0,0	0,6	16,3	10,2	6,1	8,1	10,9	2,4	5,6	4,0	14,2	20,1	22,0	21,0	23,3	5,7	5,4	5,5	10,2	
Material eletrônico	0,0	0,0	0,0	0,9	1,8	0,0	0,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	12,6	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,1	0,0	1,0	0,8	
Tecido	10,4	1,6	6,0	1,3	0,0	1,9	0,9	0,0	6,1	0,0	3,1	0,5	2,0	0,0	1,0	5,2	1,3	0,0	0,7	6,6	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0	1,7	0,9	7,1	2,8	0,7	1,8	4,9	
Rejeito	2,2	3,0	2,6	9,8	4,2	3,0	3,6	15,2	0,2	6,1	3,1	4,7	3,4	7,5	5,5	31,9	2,0	0,3	1,1	42,9	19,8	32,6	26,2	51,2	14,8	25,3	20,1	45,3	6,7	11,1	8,9	28,7	
Isopor	1,1	0,8	0,9	1,3	0,0	0,8	0,4	1,5	2,8	0,0	1,4	2,3	0,7	0,0	0,3	1,0	1,2	0,1	0,6	6,3	0,1	0,0	0,1	0,5	0,1	4,1	2,1	1,4	0,8	0,8	0,8	2,0	
Borracha	0,8	0,0	0,4	2,8	1,3	0,0	0,6	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,1	1,3	
Madeira	0,0	0,0	0,0	0,4	3,6	0,3	1,9	6,3	3,6	0,1	1,9	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,1	0,6	0,9	
Perigosos	4,4	0,0	2,2	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	0,4	0,2	
Couro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,7	0,0	
<b>Total %</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Autoria própria, 2019

Tabela 11 – Gravimetria (entradas e saídas) - Desvio Padrão das Médias Percentuais – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP

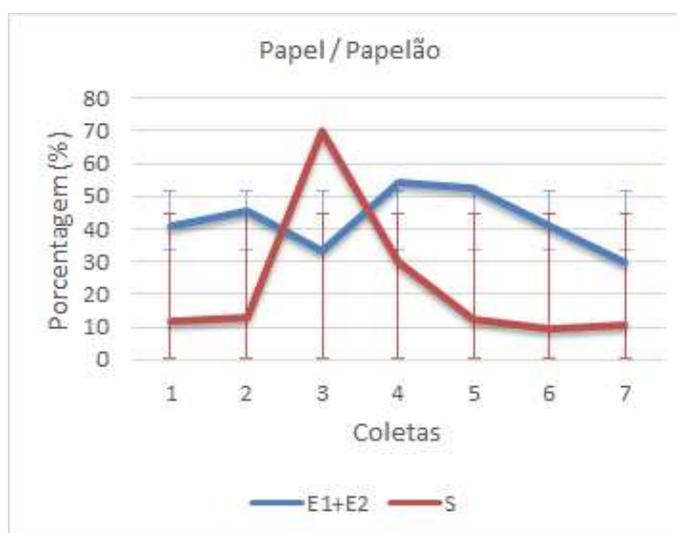
RESÍDUOS	COLETA 1				COLETA 2				Coleta 3				Coleta 4				Coleta 5				Coleta 6				Coleta 7				Desvio Padrão Médio	
	$\Sigma E1+E2$ %	Desvio Padrão Média %	(S) %	Desvio Padrão Média %	$\Sigma E1+E2$ %	Desvio Padrão Média %	(S) %	Desvio Padrão Média %	$\Sigma E1+E2$ %	Desvio Padrão Média %	(S) %	Desvio Padrão Média %	$\Sigma E1+E2$ %	Desvio Padrão Média %	(S) %	Desvio Padrão Média %	$\Sigma E1+E2$ %	Desvio Padrão Média %	(S) %	Desvio Padrão Média %	$\Sigma E1+E2$ %	Desvio Padrão Média %	(S) %	Desvio Padrão Média %	$\Sigma E1+E2$ %	Desvio Padrão Média %	(S) %	Desvio Padrão Média %	E-Desvio Padrão Média %	S-Desvio Padrão Média %
Papel/Papelão	41,1	10,6	11,6	6,2	45,2	4,5	13,2	7,2	33,6	3,2	70,1	14,7	54,3	4,4	30,0	2,9	52,6	31,9	12,6	4,5	40,6	11,8	9,8	6,9	29,6	11,8	10,5	3,0	9,1	22,1
Metal	9,2	10,7	1,1	0,0	15,5	2,1	5,2	2,5	1,5	1,4	0,0	0,0	6,3	8,9	0,0	0,0	2,3	3,3	0,0	0,0	0,8	1,2	0,8	0,6	0,2	0,4	0,0	0,0	5,6	1,9
Tetrapak	8,3	2,8	0,0	0,0	6,1	1,6	1,9	0,0	5,9	8,3	0,0	0,0	5,2	6,3	0,0	0,0	1,9	1,8	2,6	0,0	3,5	4,2	1,6	0,0	0,9	0,5	0,0	0,0	2,6	1,1
Vidro	7,5	4,6	26,6	0,0	3,8	2,3	2,9	0,0	15,4	21,8	10,9	0,0	16,4	16,6	9,9	0,0	10,9	13,2	3,7	0,0	9,9	2,4	5,0	0,0	6,6	9,3	2,8	0,0	4,6	8,5
Plásticos	21,8	13,6	43,2	7,2	21,0	5,1	46,8	5,9	34,1	20,0	11,4	1,9	10,9	6,6	21,8	5,6	25,3	17,3	24,5	3,4	12,5	8,6	17,6	4,9	38,6	10,9	30,0	7,9	10,3	13,0
Isopor	0,9	0,2	1,3	0,0	0,4	0,5	1,5	0,0	1,4	2,0	2,3	0,0	0,3	0,5	1,0	0,0	0,6	0,8	6,3	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0	2,1	2,8	1,4	0,0	0,7	2,0
Res. eletrônico	0,0	0,0	0,9	0,0	0,9	1,2	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	6,3	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	2,4	1,0
Rejeito	2,6	0,6	9,8	0,0	3,6	0,8	15,2	0,0	3,1	4,2	4,7	0,0	5,5	2,9	31,9	0,0	1,1	1,2	42,9	0,0	26,2	9,1	51,2	0,0	20,1	7,4	45,3	0,0	10,0	18,8
Tecido	6,0	6,2	1,3	0,0	0,9	1,3	0,0	0,0	3,1	4,3	0,5	0,0	1,0	1,4	5,2	0,0	0,7	0,9	6,6	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0	0,9	1,2	7,1	0,0	2,1	4,8
Outros	0,0	0,0	0,4	0,3	1,9	2,4	6,3	4,4	1,9	2,5	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	4,6	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	2,3
Borracha	0,4	0,6	2,8	0,0	0,6	0,9	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	2,2	
Res. perigoso	2,2	3,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,3	0,0	0,0	0,8	0,4

Fonte: Autoria própria, 2019

Ao se analisar a composição gravimétrica específica de uma determinada amostra de resíduo ao longo das coletas (Tabelas 10 e 11), é possível contextualizar sua variação em função do tempo, quando consideramos fatores externos como a sazonalidade (estações do ano, dias do mês, semana e horários), padrões socioeconômicos, culturais, festividades típicas, férias, concentração populacional rural ou urbana, clima, fatores políticos, legais, dentre outros peculiares às regiões geradoras destes resíduos (VIANA et al., 2015).

Assim, através das Figuras 52 a 57, foi possível realizar esta análise específica nos resíduos com maior representatividade nas amostras analisadas, onde ao invés dos valores percentuais médios obtidos, constam os valores de cada uma das 7 coletas, com os seus respectivos desvios padrões para amostras de Entrada (E1+E2) e Saída (S).

**Figura 52** – Composição gravimétrica por coleta individualizada - Papel / Papelão – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP

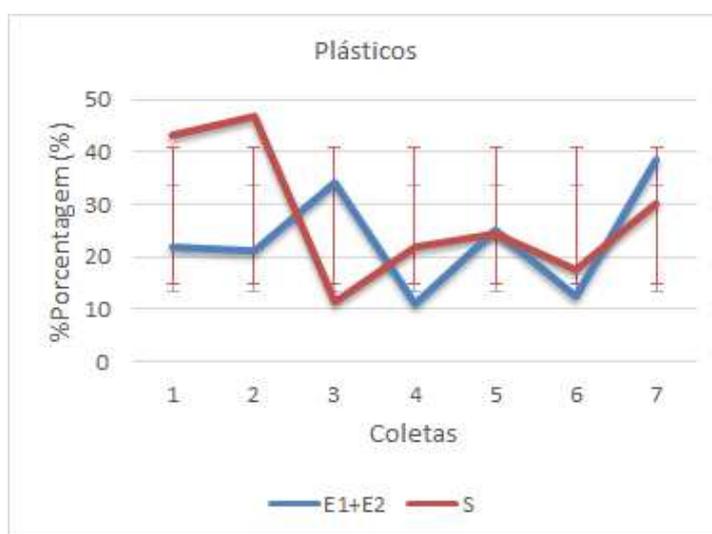


**Fonte:** Autoria própria, 2019

Com uma participação média entre 30 a 55 % na composição das coletas de entrada, ou seja, ainda não processadas na CMT, o papel e papelão possuem destaque dentre as tipologias presentes em diversos estudos de caracterização gravimétrica. Segundo a ABRELPE (2018), 52,3 % de todo papel/papelão gerado no ano de 2017 foi de alguma forma recuperado ou desviados dos aterros e lixões, o

que é um índice bastante significativo, frente a outros materiais recicláveis. Durante a coleta nº 3, realizada em agosto de 2017, destaca-se uma significativa elevação para 70,1 % de participação na amostra de saída dentre todas as demais tipologias, cuja causa foi a elevada presença de embalagens de papel e papelão umedecidos na coleta, onde o controle de qualidade manual, bem como os processos automatizados da CMT não foram efetivos na separação do mesmo, sendo no estudo considerado um desvio importante.

**Figura 53** – Composição gravimétrica por coleta individualizada – Plástico – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP

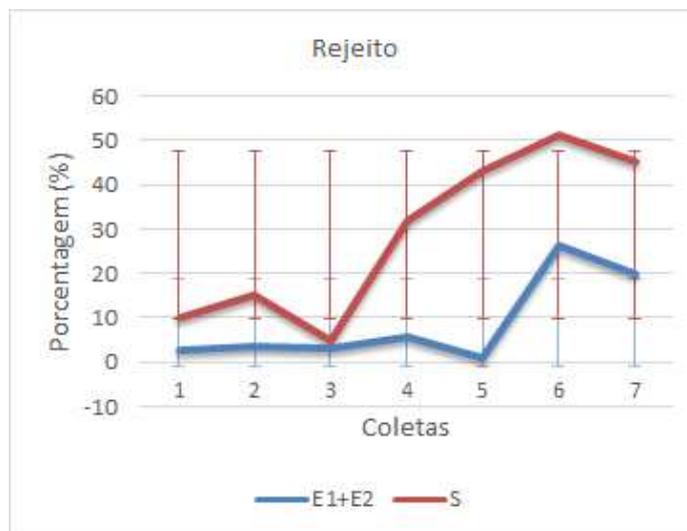


**Fonte:** Autoria própria, 2019

Em quantidade praticamente equivalente de geração em massa ao papel no Brasil, o plástico ainda possui um baixíssimo índice de recuperação, em torno de 8,2 % em 2017 (ABRELPE, 2018), mesmo cada vez mais compondo embalagens de produtos diversos, substituindo tradicionais materiais como vidro e metal.

Observou-se que nas duas primeiras coletas das amostras de saída, houve uma elevada participação percentual deste resíduo na ordem de 40 a 50 %, com grande presença de embalagens PET e PEAD, compostas basicamente por sacolas e embalagens de bebidas e produtos de limpeza, extrapolando os 40 % de participação em cada uma dessas amostras. Quanto as entradas, as oscilações demonstradas não representaram uma tendência significativa.

**Figura 54** – Composição gravimétrica por coleta individualizada – Rejeito – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP

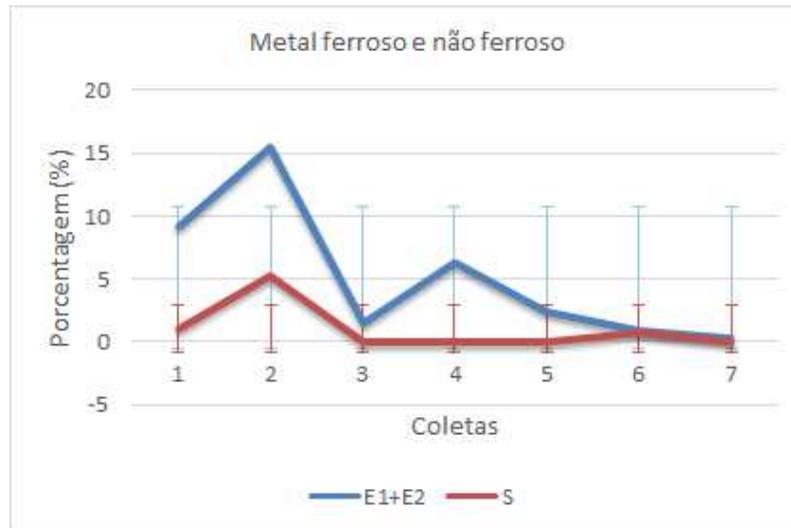


**Fonte:** Autoria própria, 2019

Constatou-se ao longo das cinco primeiras coletas de entrada um baixo percentual na presença de rejeitos, já que as amostras advêm exclusivamente do Programa de Coleta Seletiva da municipalidade, oscilando na ordem de 5 %. Nas duas últimas coletas, de nº 6 e 7, ocorridas nos meses de março e maio de 2018 respectivamente, este percentual sofreu significativo aumento, chegando a 26,2 % na coleta nº 6, denotando possível problema na separação seletiva dos resíduos pelo munícipe, já que comumente durante as análises, se presenciavam resíduos não pertencentes aos da coleta seletiva nas amostras de entrada.

Foi identificada presença de animal morto na amostra nº7 de entrada (E2), configurando aumento substancial em massa nesta amostra (o cadáver não foi pesado individualmente, por não configurar como necessário no contexto).

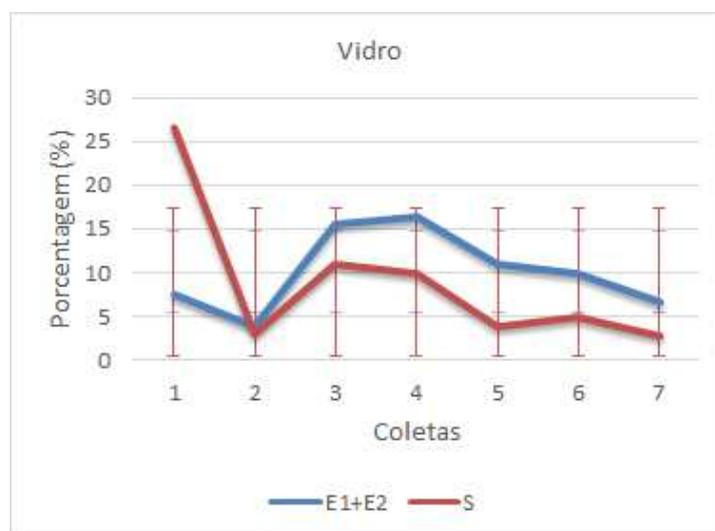
**Figura 55** – Composição gravimétrica por coleta individualizada – Metal – CMT Ponte Pequena, SP



**Fonte:** Autoria própria, 2019

Notadamente como sendo a tipologia de resíduo com maior valor médio de mercado, os metais ferrosos e não ferrosos tendem a aparecer muito pouco, uma vez que normalmente eles já são previamente recolhidos por catadores, cooperativas ou mesmo pessoas que buscam aumentar sua renda especialmente com a comercialização de latas de alumínio. Nas coletas de entrada nº 1 e 2 foi identificada a presença de embalagens metálicas de achocolatados, que contribuíram (em massa) no aumento da participação desta tipologia (Figura 55).

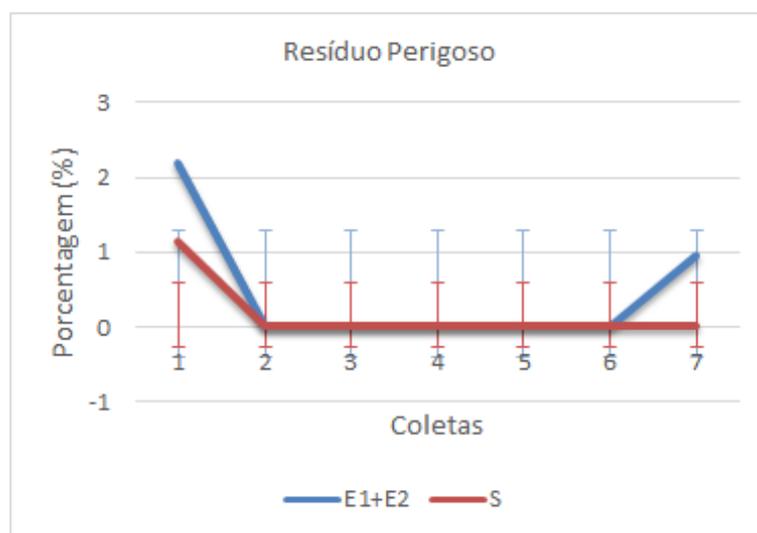
**Figura 56** – Composição gravimétrica por coleta individualizada – Vidro – CMT Ponte Pequena, SP



**Fonte:** Autoria própria, 2019

Foi identificada grande presença de cacos de vidro de garrafas na amostra de saída relativa à coleta nº 1, o que certamente contribuiu para a contabilização de 8,8 % de vidro presente na média das amostras de saída S. Nas demais coletas, sem intercorrências.

**Figura 57** – Composição gravimétrica por coleta individualizada – Resíduo Perigoso (Classe I) – CMT Ponte Pequena, São Paulo-SP



**Fonte:** Autoria própria, 2018

Embora não devesse figurar entre as amostras coletadas, o resíduo perigoso pode causar sérios impactos ao meio ambiente e à saúde pública. Nas amostras de entrada das coletas nº 1 e nº 7, foram identificadas embalagens vazias não limpas com óleo lubrificante usado, que além de potencial contaminação ambiental, pode sujar os materiais limpos, tornando-os não recicláveis. Já na amostra de saída da coleta nº 1 foram encontradas pilhas e baterias elétricas (90 g), que por alguma razão, não foram triadas pelos eletroímãs ao longo do processo.

### 5.3. Análise dos Parâmetros Sociais

Ao correlacionar o IDHM às Subprefeituras que possuem o maior número de setores atendidos pela CMT quanto ao envio dos seus RSU fração seca à CMT

Ponte Pequena, devemos considerar que segundo Campos (2012), o desenvolvimento econômico, o capital e o consumo estão diretamente relacionados com a geração e caracterização de resíduos sólidos.

Como vimos anteriormente pela Figura 21, as Subprefeituras de Pinheiros e Sé foram as que tiveram o maior número de setores atendidos pela coleta, cujo IDHM figura como muito alto, (0,942 e 0,889, respectivamente). Em contrapartida, as de Casa Verde, Pirituba/Jaraguá e Perus foram as que menos setores foram atendidos pela coleta, figurando com IDHM inferiores (0,79, 0,78 e 0,73, respectivamente). Tal característica foi igualmente relatada por Jacinto (2019), ao avaliar a relação do IDHM às quantidades de resíduos gerados nas Subprefeituras do Agrupamento Sudeste.

Mesmo havendo relação entre a geração quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos urbanos e as características sociais nas Subprefeituras abordadas no estudo, não foi possível estabelecer de forma conclusiva um vínculo efetivo quanto aos processos de geração e coleta seletiva destes resíduos processados pela CMT Ponte Pequena, necessitando portanto, que trabalhos futuros complementem os dados aqui apresentados.

## **6. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS**

### **6.1. Avaliação da Metodologia Proposta**

Ao se avaliar as variáveis presentes no processo de amostragem e caracterização de resíduo sólido, em especial, a fração seca dos RSU, é possível reduzi-las utilizando-se de bases padronizadas, tais como as onze metodologias internacionais descritas anteriormente.

A adoção de um Plano de Amostragem, como recomendado pela NBR 10.007 (ABNT, 2004), possibilitou antecipar intercorrências ao longo do processo de coleta e de análise laboratorial, envolvendo desde o agendamento das visitas, até a relatoria dos resultados obtidos. Baseado no Plano de Amostragem desenvolvido por Andrade (2017), foi necessário adaptar os procedimentos ora aplicados a uma cooperativa manual para a realidade operacional e do porte da CMT.

Crítérios como a definição de uma única pessoa responsável pela pesagem e pelo registro dos dados conforme o método suíço Dechets Urbains, a determinação das peneiras baseada na NBR 7.181 (ABNT, 2016), a adoção do quarteamento conforme NBR 10.007 (ABNT, 2004), a aleatoriedade na definição das amostras conforme o método da ASTM, a adoção do intervalo bimestral para as coletas e inclusão de ao menos a primavera e outono, conforme os métodos Modecom e Protocolo Argus respectivamente, ajudaram a consolidar a metodologia adotada.

Ter definido também uma amostra inicial como “piloto”, possibilitou redefinir a melhor tipologia a ser utilizada, além de validar a metodologia inicialmente proposta e considerada adequada.

Dessa forma, espera-se que a metodologia aqui utilizada favoreça futuras amostragens e análises de RSU, com vistas a contribuir pela busca de uma padronização metodológica mais ampla.

### **6.2. Relação Gravimetria e Granulometria**

Na análise granulométrica, observou-se que o grupo de resíduos compostos pelas amostras de entrada (E1 e E2) apresentam maiores dimensões quando

comparados às amostras de saída (S), notadamente a partir da peneira com malha de 9,5 mm que compõe o jogo de peneiras grossas. Conforme Tabela 12, verifica-se que em todas as peneiras grossas, os valores percentuais mínimos e máximos passantes foram superiores nas amostras de saída quando comparados às de entrada. Na peneira com malha de 100 mm, os valores mínimos e máximos de entrada passantes (28 e 57,2 %, respectivamente), foram inferiores aos mínimos e máximos de saída passantes (36,4 e 78,3 %, respectivamente), seguindo o mesmo comportamento para todas as demais peneiras grossas. Como as variações para as peneiras finas foram muito baixas, na ordem decimal, o foco comparativo restringiu-se às peneiras grossas.

Verifica-se ainda que nas 3 peneiras de maior malha (100, 75 e 50 mm) a maior parte dos resíduos de saída já passaram pelas mesmas, indicando pouca presença de material de maior volume nessas amostras, assim como certa homogeneidade dimensional pós triagem.

**Tabela 12** – Variação granulométrica do material passante (mínimos, máximos e médias) – CMT  
Ponte Pequena, São Paulo-SP

Abertura (mm)	Entrada (E1+E2)		Saída (S)		Média Total	
	Valor mín.	Valor máx.	Valor mín.	Valor máx.	E1+E2 %	S %
100	28,0	57,2	36,4	78,3	44,3	58,4
75	6,0	33,6	28,7	69,8	20,7	44,8
50	1,1	11,5	12,9	49,8	7,7	29,2
37,5	0,3	6,2	8,3	38,7	3,9	21,4
25	0,2	3,8	4,2	21,2	2,3	11,0
19	0,2	3,0	1,4	11,3	1,6	5,0
9,5	0,1	1,9	0,3	3,5	1,0	1,5
4,75	0,0	1,7	0,1	1,0	0,8	0,5
2	0,0	1,4	0,0	0,9	0,6	0,3
1,18	0,0	1,1	0,0	0,7	0,4	0,2
0,6	0,0	0,3	0,0	0,6	0,2	0,1
0,42	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,1
0,25	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
0,15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,075	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Autoria própria, 2019

Segundo Jacinto (2019), resultados equivalentes foram obtidos na CMT Carolina Maria de Jesus (CMT C. M. Jesus), apontando também que a granulometria das amostras de entrada é superior quando comparada às amostras de saída, já que as de saída passaram pelo processo de triagem da central. A título de comparação, para a peneira de maior malha (100 mm), foram obtidas as percentagens médias passantes de 44,3 e 58,4 % nas amostras de entrada e saída, respectivamente, para a CMT Ponte Pequena, enquanto que na CMT C. M. Jesus, obteve-se 41 e 82 %. Para a peneira de malha 9,5 mm, na CMT Ponte Pequena foi de 1,0 e 1,5 % e na CMT C. M. Jesus 0,4 e 5,5 %, nas entradas e saídas, respectivamente.

Na peneira de 50 mm, o baixo percentual de material passante para as amostras de entrada 7,7 % (CMT P. Pequena) e 6,4 % (CMT C. M. Jesus), indicam também que a maior parte dos materiais ficou retida já nas peneiras de maior malha (pois não tinham sido ainda triados nas CMTs).

Quanto a gravimetria, 6 tipologias destacam-se por aparecerem em maior proporção, representando em média 94,5 % de todo quantitativo nas amostras de entrada e 89,9 % nas de saída, demonstrando a variação na concentração de determinados materiais e a heterogeneidade presente nos RSU secos. São elas: Papel/Papelão, Plástico, Vidro, Metal, *Tetra Pak* e Rejeito.

A presença de 11 % de rejeito na média das amostras de entrada, embora superior, apresenta-se relativamente próxima ao obtido por Jacinto (2019) junto à CMT C. M. Jesus, que foi de 5 % (Tabela 13). Embora em ambos os casos este número apresente-se como positivo, sua redução é desejada ao considerarmos que as amostras de entrada foram obtidas na massa de resíduos exclusivamente recicláveis, separados pelo município. Na comparação entre as CMTs, quanto as amostras de entrada, as maiores variações ocorreram entre os resíduos de papel/papelão (17 %), ocasionado principalmente pela grande presença deste material nas amostras de nº 2, 4, 5 e 6 de entrada da CMT Ponte Pequena, estando todas as demais variações dentro de uma faixa inferior (até 9 %, no caso do plástico).

**Tabela 13** – Variação percentual gravimétrica entre as amostras de **entrada** das 2 CMTs de São Paulo/SP

Resíduos (E1+E2)	CMT Pte. Peq.	CMT C. M. Jesus	Variação
Papel/Papelão	44,5%	27,3%	<b>17%</b>
Metal	5,0%	5,0%	<b>0%</b>
Tetrapack	3,5%	5,2%	<b>2%</b>
Vidro	9,5%	11,6%	<b>-2%</b>
Plástico	21,6%	30,8%	<b>9%</b>
Isopor	0,7%	1,4%	<b>1%</b>
Mat. Eletrônico	1,4%	3,8%	<b>2%</b>
Rejeito	11,3%	5,3%	<b>6%</b>
Tecido	0,7%	4,4%	<b>4%</b>
Borracha	0,1%	2,6%	<b>3%</b>
Res. Perigoso	0,2%	0,4%	<b>0%</b>
Outros	1,3%	2,3%	<b>1%</b>

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Porém, é na comparação entre as amostras de saída que encontramos variações mais significativas, conforme Tabela 14.

A variação na presença de papel/papelão com 13 % a maior para a CMT Ponte Pequena se destaca sobre os demais resíduos, representando 15 % de toda referida amostra. Outra importante variação ocorreu com o vidro, já que a CMT C. M. Jesus apresentou 16 % a mais de vidro nestas amostras de saída, que segundo Jacinto (2019), tal fato se dá pela ausência de triagem de vidro na referida CMT, onde todo vidro encaminhado pelo município à Ecourbis acaba por ser disposto em aterro sanitário.

E por fim, outra variação identificada é a baixa presença de rejeito na média das amostras de saída da CMT Ponte Pequena, que é de 37 % contra 50 % na CMT C. M. Jesus (variação de 13 %), ocasionada principalmente pela maior presença de recicláveis nas amostras de saída daquela CMT, especialmente nas amostras nº 3 (45 % de papelão molhado) e na amostra nº 7 (23,3 % de plástico não identificado) como já mencionado. Se desconsideradas ambas as amostras, o percentual de rejeito presente na média da amostra de saída da CMT Ponte Pequena seria ainda mais baixo (30,2 %).

**Tabela 14** – Variação percentual gravimétrica entre as amostras de **saída** das 2 CMTs de SP

Resíduos (S)	CMT Pte. Peq.	CMT C. M. Jesus	Variação
Papel/Papelão	15,2%	2,5%	<b>13%</b>
Metal	1,2%	0,6%	<b>1%</b>
Tetrapack	1,2%	2,5%	<b>1%</b>
Vidro	4,9%	20,4%	<b>16%</b>
Plástico	28,1%	16,8%	<b>11%</b>
Isopor	2,1%	1,4%	<b>1%</b>
Mat. Eletrônico	1,0%	1,7%	<b>1%</b>
Rejeito	37,3%	49,8%	<b>13%</b>
Tecido	6,5%	2,3%	<b>4%</b>
Borracha	1,2%	0,1%	<b>1%</b>
Res. Perigoso	0,1%	0,1%	<b>0%</b>
Outros	1,2%	1,8%	<b>1%</b>

Fonte: Autoria própria, 2019

### 6.3. Indicadores de Coleta Seletiva

Com função de se conhecer uma situação existente, apoiar a tomada de decisão e apontar caminhos possíveis, os indicadores contribuem para planejar, comunicar, acompanhar, avaliar, comparar e melhorar o desempenho de processos ao longo do tempo (BESEN et al., 2017). Para esta pesquisa, foram adotados os indicadores de TR, TRMR e IRMR.

Para o cálculo da TR da CMT Ponte Pequena, conforme Tabela 15, considerou-se que esta processa diariamente 80 t da fração seca dos RSU, equivalente a 2400 t/mês correspondente a quantidade da coleta seletiva expressa no indicador. A quantidade de materiais comercializados foi obtida pela diferença entre o índice de recicláveis antes da triagem e pós triagem, multiplicado pela quantidade da coleta seletiva. Foram considerados os seguintes materiais comercializados para a CMT Ponte Pequena: papel, papelão, embalagens multicamadas (*tetra pak*), metal ferroso, metal não ferroso, vidro, PET, PEAD, PVC e PP.

Como mencionado, optou-se pela exclusão das coletas 1 e 3 na composição dos Indicadores de Coleta Seletiva, visando a manutenção da representatividade amostral. Além das razões já apresentadas, como a utilização da coleta 1 como meio de calibração do Plano de Amostragem e das coletas 1 e 3 com maior

presença de valores positivos quando se subtrai os valores das saídas pelas entradas na maior parte das tipologias comercializáveis, devemos considerar que a triagem mecanizada na CMT é um processo contínuo, com grande possibilidade do material coletado (S) ter sido composto por outras fontes de outros setores que não os amostrados, ocasionando valores de saída maiores que os de entrada para tais tipologias destas duas coletas.

Com isso, obteve-se a **TR de 58,6 %**, valor superior à TR obtida pela CMT C. M. Jesus (57,2 %) e pela Cooperativa Coopere (46,6 %) (JACINTO, 2019; ANDRADE, 2017).

Para o cálculo da TR, não foram consideradas exclusivamente as quantidades de entradas e saídas de resíduos da CMT, mas sim, os valores obtidos nas amostras coletadas ao longo do período pesquisado, sendo portanto considerados valores indiretos.

Ao avaliar os valores de TR, constata-se a eficiência tanto na segregação da fração seca dos RSU na fonte, quanto no próprio processo de triagem local, demonstrando que ao menos na cooperativa amostrada, a triagem não mecanizada denota maior eficiência quando comparada à TR das CMTs. Segundo Moreira (2017), em São Paulo foi observado que quando a coleta seletiva é realizada pelos próprios catadores, o índice de rejeito é mais baixo, em geral menor que 10%, já quando é realizado por caminhões compactadores contratados pela Prefeitura, passam para 30 a 40%. Em alguns casos, este índice chega a 60% do material coletado, o que representa grande impacto ambiental, econômico (despesas com transporte e disposição) e reduz significativamente o ganho por horas trabalhadas, já que esta parcela não possui valor de mercado junto aos recicladores.

Para obtenção da quantidade de rejeitos após triagem, foi utilizado o índice de rejeitos após triagem, obtido experimentalmente e multiplicado pela quantidade da coleta seletiva. Da mesma forma, ao multiplicar a quantidade da coleta seletiva pelo índice de rejeitos antes da triagem, obtêm-se a quantidade de materiais recicláveis antes da triagem.

Devido a indisponibilidade de dados referentes à quantidade de RSU da coleta regular de forma individualizada por agrupamento na cidade de São Paulo, o cálculo dos demais indicadores foi realizado de forma conjunta, abrangendo as duas

CMTs, além da inclusão da Cooperativa não mecanizada Coopere, resultando em taxas de **IRMR (0,6 %)** e **TRMR (1,3 %)**, onde não foram consideradas a coleta seletiva informal, Ecopontos públicos/privados e grandes geradores.

Considerando que quanto maior é o valor da TRMR, mais eficiente está sendo o programa de coleta seletiva através do desvio dos resíduos secos do aterro sanitário, indo ao encontro do previsto na PNRS, onde somente os rejeitos devem ser aterrados. Como referência, podemos comparar o valor obtido de TRMR em 1,3%, com as faixas de qualificação apresentados por BESEN et al. (2017), onde uma TRMR menor ou igual a 5,0 % é considerada como “muito desfavorável” na perspectiva da sustentabilidade.

De forma muito similar ao TRMR, onde é medida a performance do programa de coleta seletiva, Bringheti (2004) apresenta o IRMR, este referindo-se indiretamente aos resultados da participação da população na coleta seletiva, já que permite a análise comparativa do quanto se está recuperando em relação ao total de resíduos sólidos coletados. A título de comparação, o IRMR citado anteriormente de 0,6 % aproxima-se ao obtido por Bringheti (2004) no município de Vitória, que variou entre 0,8 % a 1,2 % entre dez/02 e maio/03, considerando exclusivamente a coleta seletiva porta-a-porta.

**Tabela 15** – Cálculo comparativo dos indicadores da coleta seletiva

DADOS	CMT C. M. Jesus (Jacinto, 2019)	CMT Pte. Peq. (Oliveira, 2019)	COOPERATIVAS (Andrade, 2017) (1)	CONJUNTA
Quantidade da Coleta Seletiva (t/mês) (2)	2400,0	2400,0	2198,8	6998,8
Quantidade Materiais Comercializados (t/mês)	1026,9	1077,6	1173,1	3284,5
Quantidade de Rejeitos após triagem (t/mês)	1195,5	895,5	894,1	3025,0
Quantidade de Materiais Recicláveis antes da triagem (t/mês)	1293,3	1773,6	1785,4	4692,9
Quantidade de RSU da coleta regular (t/mês) (3)	-	-	-	310145
Índice de recicláveis antes da triagem (Entrada)	0,54	0,74	0,81	0,67
Índice de rejeitos antes da triagem (Entrada)	0,05	0,11	0,12	0,08
Índice de recicláveis após triagem (Saída)	0,11	0,29	0,28	0,20
Índice de rejeitos após triagem (Saída)	0,50	0,37	0,41	0,43
<b>Taxa de Rejeitos TR (%)</b>	<b>57,2</b>	<b>58,6</b>	<b>46,6</b>	<b>52,8</b>
<b>Índice de Recuperação de Materiais Recicláveis - IRMR (%)</b>				<b>0,60</b>
<b>Taxa de Recuperação de Materiais Recicláveis TRMR - (%)</b>				<b>1,3</b>

(1) Simplificado, com base em resultados obtidos para as porcentagens de rejeitos antes e após triagem obtidas para a cooperativa COOPERE, Subprefeitura da Sé, entre 2016 e 2017.

(2) Valores calculados considerando a taxa de 80 t/dia para cada CMT (Comunicação pessoal) e valor conjunto calculado para o período de Maio/2017 a Maio/2019, divulgados pelo SISCOR

(3) Valor conjunto calculado para o período de Maio/2017 a Maio/2019, divulgados pelo

**Fonte:** Autoria própria, 2019. Dados: PMSP, 2019d; JACINTO, 2019; ANDRADE, 2017

Com base nas verificações realizadas ao longo da presente pesquisa, é possível que as recomendações abaixo possam contribuir na melhora dos indicadores apresentados, considerando a amostragem estudada:

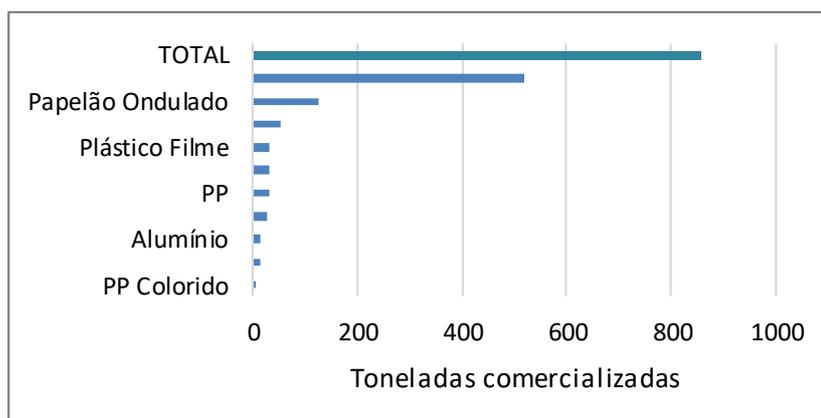
- a) Higienização adequada das embalagens pós consumo, previamente ao envio para coleta seletiva, evitando que outros materiais adquiram sujidades que dificultem ou impossibilitem sua reciclagem;
- b) Melhorar a informação ao cidadão sobre o que deve ou não ser separado para a coleta seletiva;
- c) Aumentar a divulgação ao cidadão sobre os dias e horários da coleta seletiva;
- d) Orientar os munícipes para que realizem a segregação adequada na fonte, evitando a mistura de materiais que deveriam ir para a coleta regular;
- e) Treinar os cooperados que realizam o controle de qualidade ao longo da CMT, visando melhora na separação das diversas tipologias de materiais;
- f) Otimizar o programa de manutenção preventiva nos equipamentos da CMT, possibilitando sua precisão qualidade no processo de triagem mecanizada.

#### **6.4. Indústria da Reciclagem do Agrupamento Noroeste**

Uma vez triados pela CMT, os resíduos recicláveis, previamente acondicionados em caçambas, fardos e embalagens, são comercializados junto à empresas recicladoras diretamente pela Prefeitura de São Paulo, de forma a barganhar melhores condições logísticas, pois segundo Santos (2014), os preços dos resíduos recicláveis são altamente comodotizados e tabelados, fazendo com que poucas organizações consigam barganhar melhores preços, em geral, a partir de certa quantidade e qualidade de resíduo triado.

A receita obtida a partir da venda dos resíduos recicláveis visa estimular a geração de emprego e renda por intermédio das atividades de coleta, triagem e comercialização de materiais recicláveis, além de fomentar a criação e manutenção de cooperativas e associações de catadores de resíduos recicláveis com vistas ao resgate da cidadania, segundo previsto no Decreto Municipal nº 48.799 de dez/2007 (PMSP, 2007).

Segundo o Gráfico (Figura 58), é possível visualizar as principais tipologias comercializadas, com destaque para o papel e papelão, que juntos representaram quase 75 % em massa de todo material reciclável comercializado pela CMT Ponte Pequena em maio de 2016, totalizando aproximadamente 860 t de resíduos recicláveis triados e desviados do aterro sanitário (PMSP, 2016).

**Figura 58** – Quantitativo de resíduos recicláveis comercializados (Maio/2016) – CMT Ponte Pequena

**Fonte:** Autoria própria, 2019. Dados: PMSP, 2016

Segundo a Tabela 16, construída a partir de dados cadastrais do Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE), é possível identificar as distâncias entre a CMT e algumas das principais indústrias de reciclagem localizadas na região metropolitana de São Paulo, já que existem dezenas delas no referido cadastro, localizadas em todas as regiões da cidade (CEMPRE, 2019).

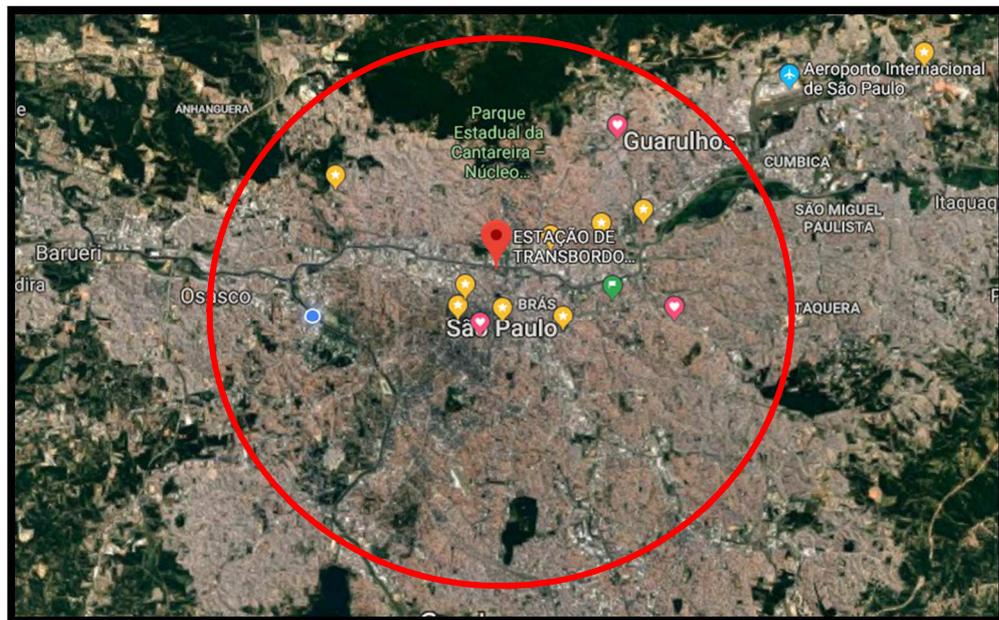
**Tabela 16** – Indústrias de reciclagem e sua distância da CMT Ponte Pequena, São Paulo - SP

RECICLADORES	Distância da CMT Ponte Pequena
1 Aiwa Plastic	4 km
2 Coopermit Gestão de REE	6 km
3 Ind. Papel e Papelão São Soberbo	7 km
4 Ipapeis Irmão Siqueira	10 km
5 Kaper SP Com. de Papéis	32 km
6 Mash Ind. e Com. de Compósitos Plásticos	27 km
7 Massfix Com. de Sucatas de Vidros	32 km
8 Medplast Com. de Produtos Plásticos	10 km
9 Megaflon Ind. e Com. de Plásticos	3 km
10 Multimetal Com. de Recicláveis	8 km
11 Owens Illinois do Brasil	18 km
12 San Lien Gestão de Resíduos	7 km
13 Sir Company Soluções Ambientais	12 km
14 Tonra Latasa Reciclagem	13 km
15 VS Com. de Plásticos	12 km

**Fonte:** Autoria Própria, 2019. Dados: CEMPRE, 2019

Verificamos que as distâncias até a CMT variam entre 4 e 32 km, conforme a localização da recicladora, demonstrando farta opção de locais e escopos de reciclagem disponíveis para recebimento dos resíduos recicláveis triados, conforme Figura 59. A título de referência, o Aterro Sanitário da Essencis, localizado em Caieiras, dista 18 km da CMT.

**Figura 59** – Recicladores - distribuição geográfica na RMSP



Fonte: Google Earth, 2019

Com base nos valores obtidos para a gravimetria de entrada e saída descritas anteriormente nas Figuras 49 e 50, entra na CMT Ponte Pequena 42,4 % de papel/papelão e sai como rejeito 22,5 %, ou seja, aproximadamente 47 % de todo papel/papelão que chega na CMT Ponte Pequena é comercializado após triagem mecanizada e manual, representando uma significativa perda, quando comparado com a taxa de comercialização da CMT C. M. Jesus na ordem de 81 %, segundo Jacinto (2019).

Quanto ao vidro, como chega 10,1 % e sai 8,8 % sob forma de rejeito, cerca de 12 % do vidro recebido é comercializado junto aos poucos recicladores disponíveis, diferentemente do que ocorre na CMT C. M. Jesus, que conforme mencionado, não recupera o vidro recebido em seu processo de triagem, sendo em sua totalidade disposto em aterro.

No caso do plástico, enquanto a CMT Ponte Pequena destina para reciclagem cerca de 19 % do que recebe, na CMT C. M. Jesus este índice de recuperação é de 68 % (Jacinto, 2019).

A eficiência dos dispositivos eletromagnéticos fica demonstrada quanto aos metais, já que ao receber 5,1 % e destinar somente 1 % como rejeito, o índice de separação e comercialização para reciclagem é de 80 %, muito próximo ao obtido na CMT C. M. Jesus, de 77 %. O alumínio e o aço fazem parte da classificação de metais e um dos tipos de indústria que também teve destaque foi a recicladora desse material. No Brasil existe uma grande procura por alumínio reciclado para fabricação de latas de alumínio nas indústrias alimentícias (PMSP, 2016). Esta alta procura é o principal fator que, primeiramente, justifica a baixa quantidade desse material coletado nas amostras de entrada e por consequência, muito pouco acaba sendo disposto nos aterros sanitários.

De modo geral, quanto aos principais resíduos recicláveis gerados pela CMT Ponte Pequena, há opções para seu recebimento e reciclagem em um raio de atuação dentro dos limites do município de São Paulo, quando muito, na sua Região Metropolitana.

## 7. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos através da pesquisa de levantamento de campo e das análises laboratoriais, é possível afirmar que o desempenho de um programa de coleta seletiva envolvendo Central Mecanizada de Triagem depende de inúmeros fatores culturais, econômicos, políticos, educacionais e não somente da tecnologia empregada na operação dos equipamentos mecanizados.

Considerando o aspecto da caracterização granulométrica aplicada aos RSU secos, triados mecanicamente na CMT Ponte Pequena, conclui-se que em virtude da diferença dimensional do tamanho das amostras, a triagem mecanizada complementada pela seleção manual através da participação de cooperativas, apresenta um efeito significativamente positivo sobre os resíduos processados.

Na peneira com malha de 100 mm, os valores mínimos e máximos de entrada passantes (28 e 57,2 %, respectivamente), foram inferiores aos mínimos e máximos de saída passantes (36,4 e 78,3 %, respectivamente), seguindo o mesmo comportamento para todas as demais peneiras grossas. Como as variações para as peneiras finas foram muito baixas, na ordem decimal, o foco comparativo restringiu-se às peneiras grossas. Comportamento semelhante foi encontrado por JACINTO (2019) na CMT C. M. Jesus.

Os resíduos considerados rejeitos avaliados nas amostras de saída, possuem menor dimensão quando comparados aos materiais encaminhados seletivamente à CMT, o que facilita o processo de compactação dos resíduos nos aterros sanitários.

Quanto à gravimetria, o volume diário de material triado considerado rejeito e conseqüentemente aterrado, apresenta ao menos duas respostas que corroboram para seu aumento: a baixa qualidade da separação realizada pelo munícipe na fonte e/ou a baixa eficiência do processo de triagem mecanizada na CMT Ponte Pequena.

Com as análises gravimétricas realizadas nas amostras de entrada (pré-triagem), cujo resultado de rejeito médio foi de 11 %, pode-se afirmar que embora a separação realizada atualmente pelo morador do agrupamento Noroeste seja satisfatória, ainda pode ser melhorada, principalmente se considerarmos que nas amostras seletivas de entrada, deveriam constar exclusivamente resíduos recicláveis.

Na outra extremidade, a gravimetria apontou que dada a baixa presença de rejeito (37 %) nas amostras de saída (pós triagem), devem ser avaliados mecanismos que aumentem a eficiência no processo de triagem mecanizada, aumentando seu percentual de rejeito na massa, hoje disposta em aterro sanitário ao final do processo.

Quando avaliadas conjuntamente, a baixa granulometria dos resíduos potencialmente recicláveis presentes nas amostras de saída (S) e a presença de materiais recicláveis, como papel e papelão molhados nestas amostras, cujo processo de triagem mecanizada e manual não foi suficiente na sua separação, temos o aterramento indevido destes materiais encontrada na CMT Ponte Pequena.

Outros indicadores comumente utilizados na avaliação de programas de coleta seletiva, com IRMR conjunto de 0,6 % e TRMR conjunto de 1,3 % (tabela 15), sendo este considerado muito desfavorável, apontam que melhorias nos processos devem ser implementadas, desde a separação seletiva residencial feita pelo município, até a operação mecanizada e controle de qualidade manual nas CMTs.

Constatou-se que ambas CMTs da cidade de São Paulo estavam operando abaixo de sua capacidade de 250 t/dia, com taxa de ociosidade aproximada de 68%, demonstrando plena capacidade de aumento dos percentuais de triagem no município, não sendo o distanciamento dos recicladores um empecilho ou mesmo um gargalo no processo, uma vez que em raio de aproximadamente 30 km há uma ampla disponibilidade de opções de recicladores.

Assim, a coleta seletiva e a reciclagem da fração seca dos RSU ainda é incipiente na cidade de São Paulo, ocasionando o desperdício do grande potencial de recuperação de materiais e também de inclusão social.

O investimento em educação ambiental deve colaborar com a melhora nos índices da coleta seletiva, pois como a dimensão educação ainda é a menor das que compõem o IDHM de São Paulo, seu aumento se faz necessário.

Embora as CMTs apresentem alta capacidade de processamento, quando comparada à triagem por cooperativa não mecanizada, como TR de 58,6 % para a CMT Ponte Pequena e TR de 57,2 % para a CMT C. M. Jesus, TRs mais eficientes tem sido encontradas nestas cooperativas, como na Coopere (TR 46,6 %), por exemplo.

Outro aspecto importante, é a maneira como futuros aterros sanitários deverão ser concebidos no quesito geoambiental, de forma a receber exclusivamente rejeitos, como previsto na PNRS, embora ainda haja um longo percurso para atender esta premissa por toda sociedade, governantes e demais partes interessadas.

Como nem todo material potencialmente reciclável tem sido triado com tal finalidade, possivelmente devido a baixa viabilidade econômica por parte da indústria de reciclagem, mesmo havendo diversas instaladas nas proximidades da CMT, tem-se ainda o aterramento indevido destes materiais que poderiam voltar ao mercado sob forma de novas matérias primas e produtos, contribuindo para a consolidação da economia circular em atendimento à PNRS.

Embora, como apresentado, haja relação entre a geração quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos e as características sociais de uma determinada região, não foi possível estabelecer de forma conclusiva neste estudo um vínculo efetivo quanto ao processo de geração, coleta, triagem e destinação dos RSU processados pela CMT Ponte Pequena, necessitando portanto, que trabalhos futuros complementem os dados aqui apresentados.

Foi possível também considerar como satisfatória e aplicável a metodologia utilizada na presente pesquisa, uma vez que os objetivos propostos quanto a caracterização dos resíduos sólidos urbanos secos encaminhados para a CMT foram atingidos, com desvios esperados considerados razoáveis, dada tamanha heterogeneidade do RSU.

E por fim, faz-se necessária a realização de pesquisas complementares para que sejam apontadas novas oportunidades de melhoria da coleta seletiva, tanto para o meio ambiente e sociedade, quanto para a economia, com vistas ao pleno atendimento à PNRS a fim de melhorar os índices da coleta seletiva em São Paulo.

### **7.1. Propostas para Trabalhos Futuros**

- 1) Granulometria x Gravimetria: Embora não tenha sido objeto desta pesquisa, já que não foi realizada a granulometria de cada tipologia separadamente, e sim, realizada por cada saco

de amostra de entrada e saída (E1, E2 e S), não é possível afirmar qual a variação dimensional individualizada para cada tipo de material amostrado, sendo sugerido portanto que este procedimento esteja previsto já no Plano de Amostragem em futuros trabalhos similares;

- 2) Adoção de análise das tipologias através de imagem, em comparação ao obtido pelas peneiras;
- 3) Ensaio específicos como teor de umidade, matéria orgânica, teor de sólidos totais voláteis, pH e condutividade elétrica realizados nas amostras coletadas para a caracterização geoambiental destes RSU amostrados, podem contribuir para o melhor entendimento a partir de projetos de futuros aterros sanitários, considerando a hierarquia prevista da PNRS;
- 4) Publicação pela AMLURB de dados da Coleta Seletiva porta-a-porta, divididos por concessionária, e não agrupados;
- 5) Banco de dados para as cooperativas manuais com ampla divulgação, nos moldes da Plataforma Digital de Indicadores e Índices de Coleta Seletiva e de Organizações de Catadores da USP (BESEN et al., 2017);
- 6) Elaboração de normas nacionais com metodologias específicas para caracterização de resíduos sólidos;
- 7) Estudos que abordem os efeitos e performance da granulometria por imagem;
- 8) Avaliação da influência das características sociais no processo de geração, coleta, e triagem dos RSU estudados.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2017.** Disponível em <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2018/>>. Publicado em 2018. Acessado em: 21 jan. 2019

ABREU, A. E. D. de. **Investigação Geofísica e Resistência ao Cisalhamento de Resíduos Sólidos Urbanos de Diferentes Idades.** 2015. 230f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015

ALCANTARA, K. D. S. **Experiências de Portugal visando à gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos do Aterro Municipal de Santo André.** 2016. 129f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade Federal do ABC, Santo André, 2016.

ANDRADE, S. A. **Caracterização Gravimétrica dos Resíduos da Coleta Seletiva da Região Central do Município de São Paulo.** 2017. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal do ABC, Santo André, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). **NBR 8.419:** Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 7.181:** Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.004:** Resíduos Sólidos– Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.005.** Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.006.** Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.007:** Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BESEN, Gina Rizpah; RIBEIRO, Helena; GUNTHER, Wanda Maria Risso. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade.** 2011. 274 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Saúde Pública, Universidade de Sao Paulo, São Paulo, 2011.

BESEN, Gina Rizpah et al. **Coleta seletiva na Região Metropolitana de São Paulo: impactos da Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Ambient. soc., São Paulo, v. 17, n. 3, p. 259-278, set. 2014

BESEN, Gina Rizpah et al. **Gestão da coleta seletiva e de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade.** Fundação Nacional de Saúde (Brasil). 1ª edição Plataforma Digital, 2017. Disponível em: <

[http://www.iee.usp.br/pics/sites/default/files/livro\\_GestaoColetaSeletivaEE-USP-edicao-pd-DOI.pdf](http://www.iee.usp.br/pics/sites/default/files/livro_GestaoColetaSeletivaEE-USP-edicao-pd-DOI.pdf)>. Acesso em: 6 de set. 2019.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm)>. Acessado em 11 out. 2018.

\_\_\_\_\_. CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO (CGU). **Relatório de Avaliação por área de gestão nº 9 - resíduos sólidos PNRS, 2017**. Disponível em <<https://auditoria.cgu.gov.br/download/9805.pdf>>. Acessado em 13 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Decreto Federal 7.404, de 23 de dezembro de 2010b. Regulamenta a Lei nº 12.305 de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da PNRS e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm)>. Acessado em: 05 jul. 2018.

\_\_\_\_\_. Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999, que dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9795.htm)>. Acesso em: 4 ago. 2019

\_\_\_\_\_. Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm)>. Acesso em: 14 nov. 2018

\_\_\_\_\_. Lei Federal 12.305, de 2 de agosto de 2010a. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm)>. Acessado em 21 jan. 2019.

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

\_\_\_\_\_. Projeto de Lei do Senado nº 425 de 2014. **Prorroga o prazo para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos de que trata o art. 54 da PNRS**. Disponível em < <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/119536>>. Acessado em 20 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. SNIS. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento, Republicação 2019. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2017>>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.

BUGNI, Renata; JACOB, Miguel Stevanato Jacob. **Índice de Vulnerabilidade Social: Uma Análise da Cidade de São Paulo**. Brasília: IPEA, 2017. p.117-150.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 171-180, jun. 2012.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Guia de Coleta Seletiva de Lixo. São Paulo, 2ª Edição, 2014.** Disponível em

<<http://cempre.org.br/download.php?arq=b18xOXE2ZTQxcnFpbTgxdGc2cnA2cWczdmV0YS5wZGY=>>. Acesso em: 5 dez. 2018.

\_\_\_\_\_- **Cadastro de Recicladores Localizados no Município de São Paulo.** Disponível em: <http://cempre.org.br/servico/pesquisa/lista/v4/R/v1/26/v2/9668>. Acesso em: 17 ago. 2019.

CORTEZ, ATC.; ORTIGOZA, SAG. **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano.** São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 146 p

CRUZ, M. L. F. R. **A Caracterização de Resíduos Sólidos no Âmbito da Sua Gestão Integrada.** 2005. 223f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Ambiente) – Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, 2005

DAVIES, M.P.; CAMPANELLA, R.G. (1995). **Environmental Site Characterization Using In-Situ Testing Methods.** 48th Canadian Geotechnical Conference. Vancouver-BC.

DICIONARIO MICHAELIS. Versão *on line*. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/busca?id=aKXG7>. Acessado em 24 abr. 2019.

DUTRA, Renato Meira S; YAMANE, Luciana Harue; SIMAN, Renato Ribeiro. **Influence of the expansion of the delective collection in the sorting infrastructure of waste pickers organizations: A case study of 16 Brazilian cities, 2018.** Waste Management, 77. 50-58 p.

FEITOSA, Anny Kariny; BARDEN, Júlia Elisabete; KONRAD, Odorico. **Análise gravimétrica na gestão de resíduos sólidos urbanos: Uma revisão sistemática.** Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamengo, v1 2n 12018 p131-146, 2018.

FUNDAÇÃO SEADE. **PIB dos municípios paulistas,** 2016. Disponível em: <<https://www.seade.gov.br/produtos/pib-municipal/>>. Acessado em 5 out. 2018

GONÇALVES, A. F. & MAEDA, M. T. **IDH e a dinâmica intraurbana na cidade de São Paulo.** In: Organizadores: MARGUTI, B.O., COSTA, M.A e PINTO, C.V.S. Territórios em números: insumos para políticas públicas a partir da análise do IDHM e do IVS de UDHs e regiões metropolitanas brasileiras. Brasília: IPEA / INCT, 2017, p. 125-140

GONCALVES-DIAS, Sylmara Lopes Francelino. **Há vida após a morte: um (re)pensar estratégico para o fim da vida das embalagens.** Gestão e Produção, São Carlos, v. 13, n. 3, p. 463-474, dez. 2006. Disponível em:< [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010430X2006000300009&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010430X2006000300009&script=sci_abstract&lng=pt)>. Acesso em: 20 nov. 2018.

GOTZE, Ramona; BONDRIN, Alessio; SCHEUTZ, Charlotte, ASTRUP, Thomas Fruergaad. **Physico-chemical characterization of material fractions in**

**household waste: Overview of data in literature.** Dinamarca, Waste Management, 49, p.3-14, 2016.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, Secretaria de Meio Ambiente. **Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo**, 2014, 1ª edição. Disponível em <<http://s.ambiente.sp.gov.br/cpla/plano-residuos-solidos-sp-2014.pdf>>. Acessado em 23 set. 2018

GRIPPI, S. **Lixo, reciclagem e sua história: para as prefeituras brasileiras.** Rio de Janeiro, Brasil. Interciencia, 2001.

GUNTHER, W. M. R.; GRIMBERG, E., 2006. **Diretrizes para a Gestão Integrada e Sustentável de Resíduos Urbanos na América Latina e Caribe.** AIDIS / IDRC, São Paulo, 2006, pp. 1-118.

HABITZREUTER, M. T. **Análise da compactação gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) da Região de Santa Maria, pré e pós-triagem.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=355030&search=sao-paulo|sao-paulo>>. Acessado em 11 out. 2018.

\_\_\_\_\_. **Panorama Da Cidade De São Paulo.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>>. Acesso em: 26 maio 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos, 2012.** Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009\\_relatorio\\_residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf)>. Acessado em 12 out. 2018.

\_\_\_\_\_. **Atlas da vulnerabilidade social nas regiões metropolitanas brasileiras.** Brasília: IPEA, 2015. 240 p.

\_\_\_\_\_. **Planilha de Índice de Vulnerabilidade Social.** Brasília: IPEA, 2019. Disponível em: < <http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/planilha> >. Acesso em: 19 ago. 2019.

JACINTO, Christiane. Caracterização dos Recicláveis Secos e Rejeitos Gerados pela Coleta Seletiva e Triagem Mecanizada da Região Sul do Município de São Paulo-SP. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal do ABC, Santo André, 2019.

KAZA, Silpa; YAO, Lisa C.; BHADA-TATA, Perinaz; VAN WOERDEN, Frank. 2018. **What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.** Urban Development;. Washington, DC: World Bank. Disponível em <<http://hdl.handle.net/10986/30317>>. Acessado em: 20 nov. 2018.

LOPES, Marina J. Santos; DAINESE, Raiza Risso. **Gestão de resíduos sólidos no município de São Paulo (SP): Caracterização dos pontos de entrega voluntária – PEV's**, 2018. Trabalho de Graduação em Engenharia Ambiental e Urbana – Universidade Federal do ABC, Santo André, 2018.

MODECOM. **Méthode de Caractérisation des Ordures Ménagères**. 2<sup>o</sup> Edição, Editora ADEME, Paris, 1993, 64 páginas.

MONDELLI, G. et al. **Reflexões sobre a concepção futura de aterros sanitários no Brasil**. In: Ciência e Tecnologia Ambiental: Conceitos e Perspectivas. Eds: Mantovani et al. Santo André: Editora UFABC, 2016. 301-318 p.

MOREIRA, A. M. M. **Riscos e agravos à saúde do trabalhador em centrais de triagem de materiais recicláveis**. Tese de doutorado do Programa de Saúde Pública. Universidade de São Paulo, 2017.

NASCIMENTO NETO, Paulo; MOREIRA, Tomás Antonio. **Consórcio intermunicipal como instrumento de gestão de resíduos sólidos urbanos em regiões metropolitanas: reflexões teórico-conceituais**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 8, n. 3, p. 239-282, 2012.

ONU, **Departmente of Economic and Social Affairs, Population Division. The World's Cities in 2018 – Data Booklet (ST/ESA/SER.A/417)**

PASCHOALIN FILHO, João et al. **Comparação entre as Massas de Resíduos Sólidos Urbanos Coletadas na Cidade de São Paulo por Meio de Coleta Seletiva e Domiciliar**. GEAS, [s.l.], v. 3, n. 3, p.19-33, 1 dez. 2014. Universidade Nove de Julho. <<http://dx.doi.org/10.5585/geas.v3i3.208>>. Acesso em: 12 jan. 2019

PEREIRA, Daniel de Oliveira. **Governança multinível na gestão de resíduos sólidos no Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Região do Circuito das Águas**. Dissertação Mestrado UFABC, Santo André, 2016.

PEREIRA, Gracely Ortega Tavares. **Análise do gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares do município de Ilha Solteira – SP**. Ilha Solteira, SP. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2012.

PIVA, Ana Magda; NETO, Miguel Bahiense; WIEBECK, Hélio. **A Reciclagem de PVC no Brasil**. Polímeros, Vol. 9, Nº 4 – São Carlos, 1999.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO (PMSP). **Lei Nº 13.478 de 30 de dezembro de 2002**. Dispõe sobre a organização do Sistema de Limpeza Urbana do Município de São Paulo e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/lei%2013.pdf>>. Acesso em 10 ago. 2019.

\_\_\_\_\_. **Aterros e Transbordos, 2018**. Disponível em <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/aterros\\_e\\_transbordos/index.php?p=4633](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/aterros_e_transbordos/index.php?p=4633)>. Acessado em 23 set. 2018.

\_\_\_\_\_. **Concessão – Serviços Divisíveis.** São Paulo: AMLURB, 2019b. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/concessao/index.php?p=4630>>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.

\_\_\_\_\_. **Cooperativas.** São Paulo: Serviços para o Cidadão, 2019f. Disponível em: <<http://www.capital.sp.gov.br/cidadao/rua-e-bairro/lixo/cooperativas> >. Acesso em 11 julho 2019.

\_\_\_\_\_. **Decreto Nº 48.799, de 9 de outubro de 2007.** Confere nova normatização ao Programa Socioambiental Cooperativa De Catadores De Material Reciclável, altera a sua denominação para Programa Socioambiental De Coleta Seletiva De Resíduos Recicláveis e revoga o decreto nº 42.290, de 15 de agosto de 2002. Disponível em: <<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-48799-de-09-de-outubro-de-2007>>. Acesso em: 20 ago. 2019

\_\_\_\_\_. **Mapa da Cidade.** São Paulo: Subprefeituras, 2019c. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/subprefeituras/mapa/index.php?p=250449> >. Acesso em: 10 de julho de 2019.

\_\_\_\_\_. **Mapa do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social.** São Paulo, 2010. Disponível em: <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/Mapa\\_IPVS\\_por\\_Prefeituras\\_Regionais.jpg](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/Mapa_IPVS_por_Prefeituras_Regionais.jpg)>. Acesso em: 19 dez 2018.

\_\_\_\_\_. Notícia, 2014. Disponível em <<http://www.capital.sp.gov.br/noticia/cidade-ganha-segunda-central-mecanizada-de-triagem>>. Acesso em 10 mar. 2019

\_\_\_\_\_. **Quantitativos.** São Paulo: Subprefeituras, Amlurb, 2019d. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/index.php?p=185375>>. Acesso em: 10 de junho de 2019.

\_\_\_\_\_. **Resíduos de Eco ponto.** São Paulo: AMLURB, 2019e. Disponível em: <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/Eco\\_pontos/index.php?p=4626](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/Eco_pontos/index.php?p=4626)>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.

\_\_\_\_\_. **São Paulo, Cidade Limpa: Gestão de resíduos sólidos e limpeza urbana para 12 milhões de pessoas.** São Paulo, 2016. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/livro\\_sp\\_gestao\\_de\\_residuos\\_1467743861.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/livro_sp_gestao_de_residuos_1467743861.pdf) >. Acesso em: 20 julho 2019.

\_\_\_\_\_. São Paulo: Notícias, 2019f. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/mooca/noticias/?p=96622>, Acesso em 1 de maio 2019.

\_\_\_\_\_. **Varição de Ruas e Limpeza Pública – Serviços Indivisíveis.** São Paulo: AMLURB, 2019a. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/fiscalizacao/index.php?p=4638>>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, PNUD. **Ranking IDHM Municípios**, 2010. Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>>. Acessado em 12 out. 2018.

\_\_\_\_\_. **Atlas do Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013. 96 p.

\_\_\_\_\_. **Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2014. 114 p.

RAMIRES, Giovana Rodrigues. Comunicação via *e-mail*. São Paulo: LOGA Logística Ambiental de São Paulo, 2019.

REDE NOSSA SÃO PAULO (RNSP). **Mapa da Desigualdade**. São Paulo, 2017. Disponível em: < <https://www.nossasaopaulo.org.br/campanhas/#13> >. Acesso em: 20 jul. 2019.

SAHIMAA, Olli; HUPPONEN, Mari; HORTTANAINEN, Mika; SORVARI, Jaana. **Method for residual household waste composition studies**. Waste Management, V.46, p. 3-14, 2015.

SALDAÑA-DURÁN, C. E. et al. **Caracterización física de los residuos sólidos urbanos y el valor agregado de los materiales recuperables en el vertedero el iztete, de Tepic-Nayarit, México**. Rev. Int. Contam. Ambie, v. 29, n. 3, p. 25-32, 2013.

SANTOS, Tomaz. **Análise das centrais de triagem de resíduos sólidos de São Paulo**. 60 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto de Economia. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

SEBASTIANY, G. D. Meio ambiente e saúde: indicadores de qualidade de vida e desenvolvimento humano. **Revista Capital Científico Eletrônica (RCCe)**, v. 10, n. 2, 2012. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/capitalcientifico/article/view/2031>>. Acesso em: 19 agosto 2019.

SOARES, Erika Leite de Souza Ferreira. **Estudo da Caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos**. Dissertação de Mestrado. UFRJ, 2011.

VIANA, Ednilson; SILVEIRA, Ana Isabel; MARTINHO, Graça. **Caracterização de resíduos sólidos: uma abordagem metodológica e propositiva**. 1<sup>o</sup> edição, Editora Biblioteca 24 horas, São Paulo, 2015, 178 páginas.

WISSENBACH, T. **Desigualdade, Estrutura Produtiva e Políticas Territoriais na Cidade de São Paulo**. Brasília: IPEA, 2017. p.153-170.



