

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

Saiuri Anzei Andrade

CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS DA COLETA
SELETIVA: ESTUDO DE CASO EM COOPERATIVA DA REGIÃO
CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

Santo André - SP
2017

SAIURI ANZEI ANDRADE

**CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS DA COLETA
SELETIVA: ESTUDO DE CASO EM COOPERATIVA DA REGIÃO
CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da
Universidade Federal do UFABC como requisito
obrigatório para obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Prof^a Dr^a Giulliana Mondelli

**Santo André - SP
2017**

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).

Andrade, Saiuri Anzei

Caracterização gravimétrica de resíduos da coleta seletiva : estudo de caso em uma cooperativa da região central do município de São Paulo / Saiuri Anzei Andrade. — 2017.

80 fls. : il.

Orientadora: Giulliana Mondelli

Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do ABC, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Santo André, 2017.

1. Caracterização gravimétrica de resíduos. 2. Catadores. 3. Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). 4. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). 5. Triagem. I. Mondelli, Giulliana. II. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, 2017. 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, 26 de setembro de 2017.

Assinatura do autor: *Guilherme*

Assinatura do orientador: *Guilherme Mendell*

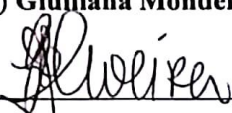


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Fundação Universidade Federal do ABC
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental
Avenida dos Estados, 5001 – Bairro Santa Terezinha – Santo André – SP
CEP 09210-580 · Fone: (11) 4996-0017
pgcta@ufabc.edu.br

FOLHA DE ASSINATURAS

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Saiuri Anzei Andrade, realizada em 23 de junho de 2017:


Prof.(a) Dr.(a) **Giulliana Mondelli** (Universidade Federal do ABC) – Presidente


Prof.(a) Dr.(a) **Luísa Helena dos Santos Oliveira** (Universidade Federal do ABC) – Membro Titular


Prof.(a) Dr.(a) **Roseli Frederigi Benassi** (Universidade Federal do ABC) – Membro Titular


Prof.(a) Dr.(a) **Wanda Maria Risso Günther** (Universidade de São Paulo) – Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) **Gilson Lameira de Lima** (Universidade Federal do ABC) – Membro Suplente

Prof.(a) Dr.(a) **Ednilson Viana** (Universidade de São Paulo) – Membro Suplente

Dedico este trabalho aos meus pais, às minhas avós e ao meu avô que através de muito esforço, empenho e dedicação me propiciaram um caminho plano para que eu pudesse trilhar os meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo seu amor e pela fé depositada em meu coração, que me faz crer no impossível.

A minha orientadora, Prof^a Dra. Giulliana Mondelli por toda a colaboração e conhecimento técnico transmitido, que só através deles essa pesquisa se tornou possível. Agradeço também por toda a paciência, compreensão e incentivos prestados desde a primeira conversa que tivemos.

A todos os colaboradores da Cooperativa Coopere - que desempenham um papel tão importante ao meio ambiente - por sempre me receberem de braços abertos e prestarem toda a ajuda necessária durante a pesquisa.

A meu esposo, Márcio F. P. Andrade dos Santos, por desempenhar tão bem seu papel de companheiro e ter me ajudado durante todas as coletas de amostra. Sem você este trabalho não seria possível.

A Prof^a Dra. Luísa Oliveira por abrir às portas do Laboratório de Processos Biológicos para a realização das análises laboratoriais desta pesquisa.

A Prof^a Dra. Roseli Benassi por ter me apresentado a este Programa de Pós-Graduação.

À Autoridade Municipal de Limpeza Urbana - AMLURB, pela prontidão em nos receber e apoiar a pesquisa naquilo que fosse necessário.

À Universidade Federal do ABC e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental pela oportunidade de realizar este curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, por ter tornado viável a compra dos equipamentos necessários para as análises.

RESUMO

Com a publicação da Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, um novo conceito para gerenciamento de resíduos sólidos urbanos tem sido abordado. De acordo com a PNRS, somente deverão ser destinados a aterros sanitários aquilo que não puder ser reciclado ou reaproveitado e que, segundo esta Política, é considerado como rejeito. Este trabalho apresenta a caracterização gravimétrica dos resíduos da Coleta Seletiva da Região Central do Município de São Paulo. Para isso, analisou-se a viabilidade de implantação do projeto nas cooperativas localizadas no município de São Paulo e a cooperativa Coopere localizada na região central do município foi selecionada. Foram realizadas 6 coletas de amostras de resíduos *in situ*, considerando a entrada e a saída do processo de triagem pelos catadores. Através de análises laboratoriais, foi possível obter a composição dos materiais que entram na cooperativa e do rejeito final que sai da cooperativa para disposição final no aterro sanitário. Os resultados mostram que os materiais provenientes da Coleta Seletiva recebidos pela cooperativa já chegam com uma fração de 17,3% de rejeito. Além disso, existem também uma porcentagem de 33,7% de materiais possíveis de serem reciclados na massa total da fração considerada como rejeito pela cooperativa após o processo de triagem. Após realização de análise dos materiais, pode-se concluir que a alta porcentagem de rejeito está atribuída à segregação incorreta por parte da sociedade e ao baixo valor econômico de alguns materiais encaminhados para a reciclagem.

Palavras-chave: Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), COOPERE, Catadores, Triagem, Caracterização gravimétrica.

ABSTRACT

The Law number 12.305 published in 2010 year established the Solid Waste National Policy in Brazil, a new concept of solid waste management has been discussed. According to with this Law, only should be destined to landfills what cannot be recycled or reused and, according this Policy, can be considered as refuse. This research presents the gravimetric composition of Selective Collection from Central Area of São Paulo City. The feasibility of implementing this research, cooperatives located in the São Paulo City was analyzed and the Coopere cooperative located in the central region of the municipality were selected. Six samples *in situ* were collected at the entrance and exit of the screening process. Through laboratory analysis, it was possible to obtain the composition of the materials that enter the cooperative and the final refuse that leaves the cooperative for final disposal in the sanitary landfill. The results show that the materials from the Selective Collection destined to cooperative already arrive with a fraction of 17.3% of refuse. In addition, there is about 33.7% of recycled materials in the total mass of the fraction considered as refuse by the cooperative after the screening process. After the analysis of the materials, it can be concluded the high percentage of refuse is attributed to the low efficiency of segregation by society and the low economic value of some materials sent to the recycling.

Keywords: Solid Waste Nacional Policy, Municipal Solid Waste (MSW), COOPERE, Pickers, Screening, Gravimetric composition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sistema de Coleta Seletiva no município de São Paulo	40
Figura 2 - Localização da Subprefeitura da Sé no município de São Paulo e da cooperativa COOPERE.....	44
Figura 3 - Processo de triagem da cooperativa COOPERE.....	46
Figura 4 - Pilha 2 (P2) de materiais para triagem	47
Figura 5 - Pilha 1 (P1) de materiais para triagem	47
Figura 6 - Entrada 1 (E1) de materiais para triagem	47
Figura 7 - Entrada 2 (E2) de materiais para triagem	47
Figura 8 - Saída 2 (S2) de rejeitos da esteira.....	48
Figura 9 - Saída 1 (S1) de rejeitos da esteira.....	48
Figura 10 - Pilha de rejeitos (Rfinal).....	48
Figura 11 - Coleta na pilha de rejeitos (Rfinal)	48
Figura 12 - Representação das amostras de resíduos coletadas na cooperativa Coopere... ..	49
Figura 13 - Separação do polipropileno.....	50
Figura 14 - Separação do papelão na bancada	50
Figura 16 - Separação dos materiais tipo Tetrapak.....	51
Figura 15 - Separação do alumínio	51
Figura 17 - Separação do tecido.....	51
Figura 18 - Separação do rejeito.....	51
Figura 19 - Papel coletado na Campanha 3 antes do processo de triagem (Pilhas 1 e 2)	58
Figura 20 - Plásticos observados nas amostras antes do processo de triagem nas Pilhas 1 e 2	59
Figura 21 - Metais observados nas amostras antes da triagem nas Pilhas 1 e 2.....	59
Figura 22 - Resíduos enviados incorretamente para a reciclagem, observados nas amostras antes da triagem nas Pilhas 1 e 2.....	59
Figura 23 - Descarte incorreto de embalagens adesivas e lâmpada fluorescente	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estimativa da composição gravimétrica dos RSU coletados no Brasil.....	25
Tabela 2: Características da composição gravimétrica em vários países	26
Tabela 3: Diversidade de resíduos sólidos no Brasil e a responsabilidade de gerenciamento	29
Tabela 4: Classificação da composição gravimétrica dos resíduos segundo Sahima et. al. (2015)	33
Tabela 5: Distância levantada para a seleção da cooperativa para a coleta de amostras de resíduos, considerando-se o interesse em estabelecer parceria com à UFABC	42
Tabela 6: Características levantadas para a seleção final da cooperativa levando em consideração a tipologia de resíduos, facilidade de acesso e subprefeitura a qual pertence.....	43
Tabela 7 - Classificação dos materiais identificados nas amostras.....	50
Tabela 8 - Quantidade de massa coletada por amostra e por campanha de amostragem na cooperativa Coopere	52
Tabela 9 – Resultado final da composição gravimétrica das amostras obtidas a partir das seis campanhas de coleta na Cooperativa Coopere.....	55
Tabela 10 – Reagrupamento e reclassificação das categorias de Tipologias de resíduos	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Composição Gravimétrica nas Pilhas 1 e 2 (antes da triagem)	57
Gráfico 2 - Relação de Materiais/ Coleta (Pilha 1 + Pilha 2)	57
Gráfico 3 - Composição Gravimétrica das Entradas 1 e 2 (antes da triagem)	60
Gráfico 4 - Relação de Materiais/ Coleta (Entradas 1 e 2)	61
Gráfico 5 - Composição Gravimétrica das Saídas 1 e 2 (após triagem)	62
Gráfico 6 - Relação de Materiais/ Coleta (Saídas 1 e 2).....	63
Gráfico 7 - Composição Gravimétrica do Rejeito Final	65
Gráfico 8 - Relação de Materiais/ Coleta (Rejeito Final)	66
Gráfico 9 - Relação de Materiais - Entrada x Saída	69
Gráfico 10 - Relação de Materiais - Categoria Papel (Entrada x Saída).....	71
Gráfico 11 - Relação de Materiais - Plástico (Entrada x Saída)	72
Gráfico 12 - Relação de Materiais - Grações de Rejeito (Entrada x Saída)	73

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

AMLURB – Autoridade Municipal de Limpeza Urbana

COVISA – Coordenação de Vigilância em Saúde

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

PEAD – polietileno de alta densidade

PEBD – polietileno de baixa densidade

PET – Polietileno tereftalato

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMSP – Prefeitura do Município de São Paulo

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PP – polipropileno

PS – poliestireno

PVC – policloreto de vinila

RSU – resíduos sólidos urbanos

TR – taxa de rejeito

TRMR – taxa de recuperação de materiais recicláveis

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	19
3.1.1. Cenário Nacional	19
3.1.3. Geração de Resíduos Sólidos Urbanos.....	21
3.1.3. Características da composição dos Resíduos Sólidos Urbanos	24
3.1.4. Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos.....	27
3.2. CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	30
3.2.1. Metodologias	30
3.3. COLETA SELETIVA.....	34
3.3.1 Histórico da Coleta Seletiva no Brasil	34
3.3.2 Indicadores de Coleta Seletiva.....	36
3.4. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO	38
4. METODOLOGIA.....	42
4.1. ESTUDO E SELEÇÃO DA COOPERATIVA PARA COLETA DE AMOSTRAS	42
4.2. COLETA DE AMOSTRAS.....	45
4.2.1. RELAÇÃO DE MATERIAIS	45
4.2.2. AMOSTRAGEM.....	45
4.3. CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DAS AMOSTRAS COLETADAS	49
4.3.1. MATERIAIS NECESSÁRIOS	49
4.3.2. CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
5.1. COLETA DAS AMOSTRAS	52
5.2. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DAS AMOSTRAS COLETADAS	54
5. CONCLUSÕES.....	74
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

INTRODUÇÃO

Entende-se como resíduos sólidos urbanos (RSU) “aqueles provenientes de atividades domésticas em residências urbanas e de limpeza originários de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços de limpeza urbana” (PNRS, 2010). O aumento da geração deste tipo de resíduo tem sido um fator de extrema preocupação nas últimas décadas, pois o descarte inadequado destes é prejudicial à saúde pública e danoso ao meio ambiente.

Segundo Jacobi e Besen (2011), um dos maiores desafios que se defronta a sociedade moderna é o equacionamento da geração excessiva e da disposição final ambientalmente segura dos resíduos sólidos, em especial dos domiciliares, devido ao crescimento da produção, do gerenciamento inadequado e da falta de áreas de disposição final.

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016), em 2015 foram coletadas 72.543.750 toneladas de resíduos sólidos urbanos no Brasil, gerando um aumento de 1,8% na geração em relação ao ano anterior. Desta quantidade de resíduo gerada em 2015, apenas 58,7% seguiram para destinação final adequada, tais como os aterros sanitários. Os demais foram direcionados a aterros controlados e lixões, aumentando desta forma o risco de contaminação ambiental proveniente desta atividade.

Há uma expectativa de que a porcentagem dos RSU coletados que é destinada de forma ambientalmente adequada aumente, assim como uma apreensão por parte do poder público e de especialistas neste assunto. Isso porque a disposição final total ou quase total dos resíduos sólidos urbanos gerados ocorre em aterros sanitários devido à praticidade, ao baixo custo, à baixa segregação dos materiais recicláveis na fonte geradora e à falta de adesão de Programas de Coleta Seletiva. Embora a disposição em aterros sanitários seja ambientalmente adequada e aceitável, o fato de que atualmente ainda não se destina apenas os rejeitos gerados acarreta na diminuição da vida útil dos aterros e na criação de passivos ambientais permanentes nas regiões onde estão instalados.

Visando buscar soluções para esta problemática no Brasil, o poder público tem trabalhado em prol da destinação correta dos resíduos sólidos urbanos, por meio de iniciativas que visam eliminar a destinação final de RSU a aterros controlados e lixões, além de propor instrumentos que visem diminuir o volume de resíduos dispostos em

aterros sanitários, tais como a coleta seletiva e a compostagem. Desta forma, se entende que a destinação final correta trará não apenas benefícios ambientais, mas também econômicos.

É neste cenário que, em 2010, foi publicada a Lei nº 12.305, instituindo no Brasil a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), a qual visa implantar um conceito integrado de gerenciamento de resíduos no país: propõe o uso de instrumentos a fim de aumentar a prática de reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e que pode ser reciclado ou reaproveitado) e a disposição final apenas dos rejeitos.

Segundo a PNRS (2010), o conceito de rejeito é definido como “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentam outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”. A mesma lei também define que a disposição final é a “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”.

Porém, o que se observa no atual cenário nacional é que a fração de resíduo sólido urbano que atualmente é disposta nos aterros sanitários ainda não pode ser caracterizada apenas como rejeito. Para que isso se torne possível, é necessário que haja o fortalecimento da cultura da reciclagem, por meio da prática da coleta seletiva. Segundo Paschoalin Filho et. al. (2014), “ações como a coleta seletiva e a reciclagem, quando devidamente integradas, proporcionam significativos benefícios, como a redução dos volumes destinados para aterros, redução de áreas de deposição irregular, valorização e reinserção de resíduos na cadeia produtiva, redução da necessidade de utilização de recursos naturais, etc”.

Entretanto, o que se observa atualmente é um cenário onde 30,7% dos municípios do Brasil não possuem nenhum tipo de iniciativa de coleta seletiva (ABRELPE, 2015). Além disso, a maior parte dos municípios que já possuem algum tipo de iniciativa para os programas de coleta seletiva não consegue atingir alto índice de segregação dos materiais reciclados dentre a totalidade de RSU gerados, pois desenvolvem ações tímidas que não são capazes de abranger o município como um todo. Como fatores determinantes para esse cenário, pode-se identificar a quantidade

insuficiente de: frota destinada à coleta seletiva, pontos de entrega de materiais reciclados e existência de cooperativas locais. Também se observa a separação incorreta dos resíduos na fonte geradora (residências), gerando a contaminação dos materiais recicláveis.

Para que seja eficiente, o Programa de Coleta Seletiva deve ser totalmente abrangente, ou seja, garantir a universalidade do atendimento à população do município. Além disso, deve garantir a eficiência do processo nos locais de triagem dos materiais coletados através da baixa geração de rejeito nas cooperativas.

Dentro do contexto apresentado acima, esta dissertação busca realizar a caracterização gravimétrica dos rejeitos da coleta seletiva a fim de compreender a baixa eficiência de reciclagem no município de São Paulo visando gerar dados que contribuam para o planejamento da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos do município. Esta pesquisa está englobada em um projeto financiado pela FAPESP (Processo n. 2016/08978-8) e coordenado pela Professora Dr^a. Giulliana Mondelli, cujo título é “Caracterização de rejeitos de RSU no município de São Paulo – SP”.

1. OBJETIVOS

Caracterizar gravimetricamente a composição dos resíduos enviados para a Coleta Seletiva dos bairros centrais do município de São Paulo, a fim de que se obtenham parâmetros mais reais sobre sua disposição conforme o conceito teórico de rejeitos definido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 e em outras pesquisas, a fim de gerar dados que contribuam para o planejamento e gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos do município de São Paulo.

Propõe-se que sejam analisados os resíduos enviados para a Coleta Seletiva nos bairros centrais do município de São Paulo e o rejeito destinado a aterros sanitários após passarem pelo processo de triagem da Cooperativa. Para tanto, pretendeu-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Selecionar uma cooperativa para a coleta de amostras de resíduos;
- Implementar e desenvolver métodos de amostragem *in situ* e de classificação em laboratório das amostras coletadas;
- Identificar as características do material destinado à coleta seletiva pelos munícipes.
- Identificar a presença de materiais recicláveis e não recicláveis no volume final de rejeitos que é destinado a aterro sanitário;
- Determinar o indicador de TR – Taxa de Rejeito para a cooperativa selecionada.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

3.1.1. Cenário Nacional

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 define que:

“Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: (...)VI – proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;”

A mesma legislação também garante em seu Artigo 225 como direito de todos os brasileiros:

“Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

Para cumprir o estabelecido na Constituição Federal, em 1991 foi proposto pelo Senado Federal o Projeto de Lei 203, tratando inicialmente de resíduos de serviços de saúde. Ao longo do tempo, foram incorporados outros projetos de lei sobre resíduos sólidos com as mais variadas abordagens, criadas diversas comissões especiais de estudo e realizadas inúmeras audiências. Por fim foi publicada em 02 de agosto de 2010 a Lei Federal 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A PNRS é considerada uma lei moderna, especialmente por vir acompanhada de instrumentos inovadores, como a responsabilidade compartilhada e a determinação de contemplar a inclusão social dos catadores (Instituto ETHOS, 2012).

No que tange a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, a PNRS determina que seja observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Para isso, foram instituídos por esta Lei 18 instrumentos, dos quais merecem destaque a implantação da responsabilidade compartilhada como a coleta seletiva e

a logística reversa; e o incentivo a criação e desenvolvimento de associações de catadores.

Outro ponto importante da PNRS é que em seu Artigo 54 e 55 são estabelecidos prazos que deveriam ser cumpridos pelos Estados e Municípios a respeito dos RSU gerados em seus territórios, a fim de garantir a sua disposição final de forma ambientalmente adequada. Desta forma, foi estabelecido por esta Lei que:

“Art. 54. A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, observando o disposto no § 1o do art. 9o, deverá ser implantada em até 4 (quatro) anos após a data de publicação desta Lei.”

Ou seja, até agosto de 2014 todos os lixões e aterros controlados deveriam ter sido extintos e os aterros sanitários só poderiam receber rejeitos, conforme estabelecido na definição desta Lei. Como os Estados e Municípios não conseguiram cumprir os prazos estabelecidos pela PNRS, em 01 de julho 2015 foi aprovado o Projeto de Lei do Senado nº 425, de 2014, que estabelece novos prazos para que este Artigo seja cumprido de forma escalonada. Desta forma, as capitais e municípios da região metropolitana terão até 2018 para realizar apenas a disposição final de rejeitos em aterros sanitários. Da mesma forma, os municípios com mais de 100 mil habitantes, terão o prazo prorrogado até 2019, os municípios com população variando entre 50 a 100 mil habitantes terão até 2020 e os municípios com menos de 50 mil habitantes terão até 2021.

A prorrogação de prazos estabelecida pela emenda de Lei aprovada trouxe um afrouxamento nas obrigações dos Estados e Municípios a respeito da gestão dos RSU gerados em seus territórios, pois, os prefeitos que serão obrigados a elaborar o plano de gestão de resíduos sólidos ainda não estavam eleitos na data de publicação desta emenda, propiciando o adiamento das ações a respeito dos RSU municipais.

Em face deste cenário, é possível observar que devido à dependência de fatores políticos e à falta de uma gestão integrada de resíduos sólidos no Brasil, os aterros controlados e lixões ainda persistem e são sinônimos de contaminação ambiental de solos, águas e ar, além de ocasionarem a proliferação de vetores e doenças.

Porém, a persistência de lixões e aterros controlados não é o único problema ambiental associado ao não cumprimento desta lei. Dos instrumentos citados, a coleta seletiva e a logística reversa ainda não foram implantadas de forma a garantir um ciclo de vida de berço a berço dos produtos e uma fração significativa dos materiais que poderiam estar sendo reaproveitados ou reciclados estão sendo encaminhados para a disposição final.

Besen et. al. (2014) citam em sua pesquisa que apesar do não cumprimento do prazo de apresentação dos planos por todos os municípios brasileiros e da não inserção da questão dos resíduos sólidos nos planos apresentados por alguns, houve avanços principalmente no diagnóstico situacional dos municípios que atenderam à meta e na busca de soluções de destinação ambientalmente adequada.

Dessa forma, podemos observar que apesar da problemática dos Resíduos Sólidos no Brasil não estar recebendo a celeridade necessária e merecida, avanços tem sido realizados nessa área a fim de mitigar os impactos ambientais, principalmente após a publicação da PNRS.

3.1.3. Geração de Resíduos Sólidos Urbanos

Para a Política Nacional de Resíduos Sólidos os resíduos sólidos são definidos como sendo: “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (PNRS, 2010).

Porém, ao se abordar a questão dos resíduos sólidos urbanos (RSU), a fração de resíduo que se leva em consideração é aquela gerada pela própria população em seus domicílios, em locais públicos e em pequenos geradores privados. A esse respeito, Fischer e Crowe (2000) definem o resíduo sólido urbano como sendo o “resíduo gerado em residências e o resíduo similar ao de residências gerado em atividades comerciais, escritórios, instituições como escolas e pequenos comércios em que a disposição de resíduo ocorre da mesma forma que o resíduo municipal

coletado”. Ou seja, de forma simplificada, o resíduo sólido urbano pode ser compreendido como o resíduo gerado em domicílios e locais públicos com características urbanas nos quais o seu gerenciamento é de responsabilidade da Prefeitura Municipal.

Paschoalin Filho et. al. (2014) alertam para o fato de que a “geração de RSU é ininterrupta, uma vez que o consumo por parte da população é diário, que dificilmente deixa de existir, o que exige uma gestão consciente de seu manejo e destinação, tanto na esfera pública como na privada, assim, há a necessidade de implementar serviços de coleta seletiva, além de promover ações de reciclagem, de maneira a valorar os resíduos descartados e reduzir os volumes enviados para aterros”.

Mundialmente é gerado em torno de 2,0 bilhões de toneladas de RSU anualmente, onde, a maioria dos RSU gerados (70%) ainda é levado para aterros sanitários; 11% é incinerado e aproximadamente 19% é reciclado ou tratado por tratamento mecânico e biológico, o qual também inclui compostagem e digestão anaeróbia. Surpreendentemente, mais da metade da população mundial ainda não possui coleta regular de resíduo e disposição adequada (Gutberlet, 2015).

Com base nisso, podemos compreender que a geração de resíduos sólidos urbanos pode ser considerada como um dos impactos ambientais mais significativos da sociedade contemporânea, compreendendo diversos aspectos relevantes tais como: descarte e, conseqüente desperdício de matéria-prima; contaminação de solo e água pela disposição inadequada; criação de passivos ambientais; proliferação de vetores e doenças correlatas; geração descontrolada de gases de efeito estufa devido ao transporte e à decomposição da matéria orgânica presente, entre outros.

Guterberlet (2015) levanta a questão de que a geração de resíduos sólidos tem se tornado um dos problemas urbanos universais e é especialmente visível nas cidades do hemisfério Sul. A disposição descontrolada de resíduos; a falta de coleta em assentamentos informais; a contaminação em estradas, rios e rede de drenagem; o bloqueio pela presença do lixo em estradas, córregos e canais; ou a disposição inadequada de resíduos perigosos tóxicos são situações comuns encontradas em muitas cidades do hemisfério Sul.

O Brasil não deixa de fazer parte deste cenário levantado para o hemisfério Sul. Em 2015, o crescimento da geração de RSU dobrou quando comparado ao

crescimento populacional, conforme demonstra o Panorama de Resíduos Sólidos Urbanos - RSU (ABRELPE, 2016): enquanto a população brasileira apresentou um crescimento de 0,8% entre 2014 e 2015, a geração de RSU total apresentou um crescimento de 1,7% em relação ao ano anterior. Porém neste mesmo ano, apenas 58,8% dos resíduos foram dispostos de forma adequada, uma melhora de apenas 0,4% quando comparado ao ano anterior. A fração restante (41,4%) ainda está sendo disposta em lixões e aterros controlados localizados ao longo do território nacional.

Com o crescimento constante da população e a alteração dos padrões de consumo, a geração de resíduos sólidos tem sido um problema ambiental constante na sociedade atual, que demanda uma série de ações por parte do poder público para mitigação de seus impactos sobre o meio ambiente.

Grazdani (2016) relata que o aumento da geração de resíduos sólidos e a sua complexidade está associado a diversos fatores tais como: “o desenvolvimento econômico, a urbanização e a melhora do padrão de vida da população. A geração de resíduos sólidos tende a diferir devido a variações nos padrões de consumo em diferentes localidades. Os padrões de consumo, por sua vez, são afetados por muitos fatores relevantes como os socioeconômicos, os ambientais e os demográficos. A renda *per capita*, o padrão habitacional e o nível de escolaridade também são altamente citados como fatores que afetam a geração de resíduos sólidos e influenciam as taxas de reciclagem”.

Os padrões de consumo das residências estão diretamente relacionados com o aumento da renda, o que resulta na mudança da quantidade gerada e composição dos resíduos sólidos urbanos. Khan (2016) cita que “existe uma forte correlação entre a geração de resíduo e o tamanho do núcleo familiar e/ ou tamanho da residência, pois em famílias com uma condição socioeconômica mais elevada, a taxa de geração de resíduo geralmente tende a ser maior do que em famílias com condições socioeconômicas menos favorecidas”.

Com base nisso, pode-se inferir que a geração e a composição do RSU irão variar de localidade para localidade de acordo com fatores sociais, culturais e econômicos. Ao se analisar a esfera municipal, um bairro com uma renda *per capita* mais elevada, tende, por consequência, a gerar uma maior quantidade de resíduo *per capita*. Essa diferença das características de geração relacionadas com o padrão de

consumo deve ser um dos fatores a serem analisados pela gestão pública durante a elaboração do plano de gerenciamento de RSU, a fim de se garantir uma gestão eficaz dos RSU gerados.

3.1.3. Características da composição dos Resíduos Sólidos Urbanos

É de considerável importância a compreensão das características da composição dos RSU para a implantação de estratégias na gestão de resíduos, tais como: implantação de rotas de coleta, aproveitamento do material reciclado e implantação de tecnologias de disposição final de resíduos. De acordo com Sahimaa (2015), o interesse na composição do RSU surge da necessidade de monitorar as taxas de material reciclável e recuperação energética. De forma geral, informações sobre a composição gravimétrica do resíduo é necessária para diferentes propósitos da tomada de decisão referente à utilização do resíduo para desenvolvimento do sistema de gerenciamento de resíduo local.

É de extrema complexidade determinar as características do RSU de uma determinada localidade, pois da mesma forma que a geração está correlacionada com fatores sociais, culturais e econômicos, existem também diversos fatores que atuam como influenciadores da composição do resíduo sólido urbano. Por exemplo, Paschoalin Filho et. al. (2014) citam o fato de que a composição dos RSU está intrinsecamente correlacionada com o grau de desenvolvimento, as condições climáticas, ao nível socioeconômico e cultural de um país. Locais caracterizados por menores graus de desenvolvimento tendem a apresentar na composição gravimétrica dos RSU maiores porcentagens de resíduos orgânicos, enquanto que países economicamente mais desenvolvidos tendem a apresentar maior quantidade de resíduos provenientes de embalagens e produtos eletrônicos.

Essas características citadas acima podem ser observadas na composição gravimétrica dos RSU do Brasil. Conforme estudo realizado pelo IPEA (2012), onde foi determinada a composição gravimétrica dos resíduos coletados em 93 municípios brasileiros, pesquisados entre 1995 e 2008, as quais apresentam as características relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1: Estimativa da composição gravimétrica dos RSU coletados no Brasil

Materiais	Brasil (%)
Material reciclável	31,9%
Metais	2,9%
Papel, papelão e Tetra Pak	13,1%
Plástico	13,5%
Vidro	2,4%
Matéria orgânica	51,4%
Outros	16,7

Fonte: Relatório de Pesquisa – Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos (IPEA, 2012)

Por ser um país em desenvolvimento, a maior parte (51,4%) do total de RSU gerado é composto por matéria orgânica, enquanto os outros 48,6% é composto por materiais recicláveis. Apesar de um percentual significativo de geração de materiais reciclados apresentados neste estudo, o Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil (ABRELPE, 2015) relata que não existe a totalidade de reaproveitamento dos materiais reciclados gerados. Por exemplo, o índice de reciclagem do alumínio é de 35,3%, do papel 45,7 % e do plástico 20,9%. Como pode se observar nos dados acima, uma parcela significativa dos materiais que poderiam ser reaproveitados como matéria-prima no processo de reciclagem ainda está sendo encaminhado para a disposição final, gerando perdas ambientais e econômicas para o país.

O estudo de Karak et. al. (2011), apresenta da composição do resíduo sólido de diversos países em torno do mundo. Para fins comparativos com o cenário nacional, um breve resumo é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Características da composição gravimétrica em vários países

País	Material Orgânico	Papel e papelão	Plástico	Vidro/ Cerâmica	Metais	Tecidos e outros
Brasil*	51,4%	13,1%	13,5%	2,4%	2,9%	16,7%
Alemanha	30,0%	24,0%	13,0%	10,0%	1,0%	22,0%
França	32,0%	20,0%	9,0%	10,0%	3,0%	26,0%
Espanha	48,0%	21,0%	12,0%	8,0%	4,0%	7,0%
Itália	29,0%	28,0%	5,0%	13,0%	2,0%	22,0%
Reino Unido	41,0%	18,0%	7,0%	7,0%	8,0%	19,0%
Indonésia	74,0%	10,0%	8,0%	2,0%	2,0%	4,0%
Singapura	27,2%	21,2%	11,5%	1,0%	14,6%	24,5%
Vietnã	49,4%	14,7%	15,1%	9,7%	3,4%	7,7%
Índia	40,0%	10,0%	2,0%	0,2%	NR	47,8%
Japão	42,6%	22,3%	11,4%	1,6%	9,0%	13,0%
Sri Lanka	58,9%	6,5%	21,1%	NR	2,4%	7,3%
Africa do Sul	22,3%	24,8%	31,5%	7,0%	6,1%	8,3%
Argentina	53,2%	20,3%	8,2%	8,1%	3,9%	6,3%
Estados Unidos	12,7%	31,0%	12,0%	4,9%	8,4%	31,0%
Canadá	28,7%	37,7%	8,0%	4,4%	10,4%	10,8%

NR = não reportado

Fonte: Karak et. al. (2011) – adaptado

Como pode-se observar na Tabela 2, os países mais desenvolvidos tendem a gerar maior percentual de material reciclável, especialmente plástico, papel e papelão. Em contrapartida, os países em desenvolvimento tendem a ter em sua composição gravimétrica maior percentual de matéria orgânica. Estes fatores vão influenciar os métodos de tratamento de resíduo sólido que cada país irá implantar na gestão de resíduos sólidos urbanos.

3.1.4. Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos

Um dos maiores desafios com que se defronta a sociedade moderna é o equacionamento da geração excessiva e da disposição final ambientalmente segura dos resíduos sólidos. A preocupação mundial em relação aos resíduos sólidos, em especial aos domiciliares, tem aumentado ante ao crescimento da produção, do gerenciamento inadequado e da falta de áreas de disposição final (Jacobi e Besen, 2011).

O crescimento urbano, em paralelo com a expansão do padrão de consumo criou uma série de onipresentes e multifacetados problemas no gerenciamento de resíduos sólidos. As soluções atuais (aterro, incineração, reciclagem) são dispendiosas e não estão livres de produzir riscos ao meio ambiente. Evitar e reduzir a geração de resíduos sólidos, assim como a recuperação de recursos para reutilização e reciclagem ainda são incipientes e altamente insuficientes (Gutberlet, 2015).

Entretanto, a gestão de resíduos sólidos é considerada um dos problemas mais graves enfrentados pelos governos locais nos países em desenvolvimento principalmente devido à crescente taxa de geração de resíduos, o alto custo associado à sua gestão no orçamento municipal, a falta de compreensão dos fatores que afetam as diferentes etapas e as conexões necessárias para permitir que todo o sistema funcione. O gerenciamento de resíduos é um processo complexo que requer uma grande quantidade de informações provenientes de diversas fontes, tais como dados confiáveis de geração e previsão da quantidade de resíduos que irão ser geradas, além de também ser necessário entender como a aplicação de políticas de reciclagem

e gestão de resíduos irá influenciar na taxa de reciclagem do município. (Grazadani, 2016).

O gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, quando existente, é de responsabilidade da gestão pública local. No Brasil em específico, este gerenciamento é de responsabilidade dos municípios e cabe a estes a elaboração de planos e estratégias para a sua adequada disposição.

A Tabela 3 mostra a diversidade de resíduos sólidos existentes hoje no cenário nacional, a responsabilidade do gerenciamento do resíduo gerado e a forma de tratamento e disposição final.

Devido à diversidade das características e das fontes geradoras de resíduos, diversas formas de tratamento e disposição final têm sido implantadas pelos municípios a fim de reduzir o impacto ambiental causado. Apesar da existência de diversos métodos ambientalmente adequados para o tratamento de resíduos, o modelo de gerenciamento implantado nos municípios brasileiros falha na quase totalidade das localidades, devido à persistência de disposição inadequada de resíduos em aterros controlados, lixões, córregos e diretamente no solo, ao longo do território nacional; e através do desperdício de materiais possíveis de serem reciclados devido ao descarte em locais de disposição final pela ausência de programas de coleta seletiva eficientes.

Tabela 3: Diversidade de resíduos sólidos no Brasil e a responsabilidade de gerenciamento

Resíduos Sólidos	Fontes geradoras	Resíduos produzidos	Responsável	Tratamento e disposição final
Domiciliar (RSD)	Residências, edifícios, escolas.	Sobras de alimentos, produtos deteriorados, resíduo de banheiro, embalagens de papel, plástico, vidro, metal, isopor, longa vida, pilhas eletrônicas, baterias, fraldas e outros.	Município	1. Aterro Sanitário 2. Central de Triagem de recicláveis 3. Central de Compostagem 4. Lixão/ Aterro controlado 5. Aterro Controlado
Comercial Pequeno gerador	Comércios, bares, restaurantes, empresas	Embalagens de papel e plástico, sobras de alimentos e outros	Município define a quantidade que é de responsabilidade gerador.	1. Aterro Sanitário 2. Central de Triagem de recicláveis 3. Lixão
Grande gerador (maior volume)	Comércios, bares, restaurantes, empresas	Embalagens de papel e plástico, sobras de alimentos e outros	Gerador	1. Aterro sanitário 2. Central de triagem de recicláveis 3. Lixão
Público	Varrição e poda	Poeira, folhas, papéis e outros	Município	1. Aterro sanitário 2. Central de compostagem 3. Lixão
Serviços de Saúde (RSS)	Hospitais, clínicas, consultórios, laboratórios, outros	Grupo A – biológicos: sangue, tecidos, vísceras, resíduos de análises clínicas e outros; Grupo B – químicos: lâmpadas, medicamentos vencidos e interditados, termômetros, objetos cortantes e outros; Grupo C – radioativos; Grupo D – comuns; não contaminados, papéis, plásticos, vidros, embalagens e outros Grupo E: materiais perfuro cortantes ou escarificastes, tais como agulhas, lâminas, ampolas, entre outros.	Gerador	1. Incineração 2. Lixão 3. Aterro sanitário 4. Vala séptica 5. Micro-ondas 6. Autoclave 7. Central de triagem de recicláveis
Industrial	Industrial	Cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeiras, fibras, escórias e outros	Gerador	1. Aterro industrial 2. Coprocessamento 3. Incineração
Portos, aeroportos, terminais	Portos, aeroportos, terminais	Resíduos sépticos, sobras de alimentos, material de higiene e asseio pessoal e outros	Gerador	1. Incinerador 2. Aterro sanitário 3. Lixão
Agrícola	Agricultura	Embalagens de agrotóxico, pneus e óleos usados, embalagem de medicamentos veterinários, plásticos e outros	Gerador	1. Central de embalagens vazias do Inpev
Construção Civil (RCC)	Obras e reformas residenciais e comerciais	Madeira, cimento, blocos, pregos, gesso, tinta, latas, cerâmicas, pedra, areia e outros	Gerador, município e gerador pequeno e grande porte	1. Ecoponto 2. Área de transbordo e triagem 3. Área de reciclagem 4. Aterro de RCC 5. Lixões

Fonte: Jacobi e Besen (2011), adaptado.

3.2. CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

3.2.1. Metodologias

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 (Götze et. al, 2016).

A compreensão da composição física do resíduo é possível através da caracterização gravimétrica de cada fração de material que compõe o resíduo. Desta forma, a caracterização gravimétrica pode ser definida como sendo o fracionamento da massa de resíduo em cada tipo de material que a compõem através da análise do percentual de cada fração identificada sobre a massa total da (s) amostra (s) coletada (s).

O propósito da caracterização gravimétrica dos resíduos é melhorar o gerenciamento dos mesmos, desviar os resíduos dos aterros e incineradores e aumentar as taxas de reciclagem. Quando se conhece os resíduos que são destinados aos aterros sanitários, é possível estimar perdas econômicas e de geração de empregos que poderiam ser gerados por meio da comercialização dos mesmos e estimar o valor energético e o potencial de influência sobre as emissões atmosféricas oriundas dos gases do aterro (Pereira, 2012).

Para a melhor compreensão desta composição físico-química, diversos atores ao redor do mundo desenvolveram metodologias para amostragem e análise do resíduo. Porém, ainda não existe uma normatização ou uma metodologia padrão que tenha o consenso de todos os especialistas da área. Para a melhor compreensão desta composição físico-química, diversos atores ao redor do mundo desenvolveram metodologias para amostragem e análise do resíduo. 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 heterogeneidade dos materiais presentes no resíduo assim como a variabilidade temporal e espacial, a coleta e análise representativa de amostras de resíduos é desafiadora, trabalhosa e cara.

Habitruzer (2008) alerta para o fato de que o processo de caracterização de resíduos sólidos também não é normatizado no Brasil e não é um procedimento simples devido à heterogeneidade do material e a consequente dificuldade em obter-se uma amostra significativa. Para realizar o processo de caracterização é necessário efetuar a amostragem dos resíduos, procedimento que no Brasil é normalizado pela ABNT NBR 10007/2004.

A norma internacional ASTM D4687 *Standard Guide for General Planning of Waste Sampling*, por exemplo, é um guia sobre como realizar um plano de amostragem de resíduos, porém, não apresenta uma metodologia para a caracterização.

Segundo Gutierrez (2016), existem três estratégias de amostragem para os RSU que podem ser usadas quando se deseja realizar a caracterização de resíduos: 1) amostragem aleatória - nesta estratégia todos os resíduos têm a possibilidade de ser amostrados. O método é usado para resíduos que se consideram homogêneos; 2) amostragem aleatória estratificada - este método é usado para os resíduos sólidos não homogêneos, o procedimento é recomendável quando se quer analisar os resíduos gerados num município. O método consiste em estratificar os resíduos em diferentes setores e cada setor deve ser homogêneo, cada parte poderá ser analisada segundo a amostragem aleatória; 3) amostragem aleatória sistemática - neste método a primeira amostra é retirada aleatoriamente, mas as seguintes amostras são coletadas de um sistema pré-definido. Não é recomendável pelo alto risco de erro na amostragem dos RSU.

Na literatura, é possível encontrar diversas metodologias para a caracterização de resíduos sólidos urbanos.

Moreno et. al. (2013) desenvolveu uma metodologia para a caracterização de resíduos sólidos na Cidade do México através de coletas de amostras nas centrais de transbordo do município. Foram coletadas 15 amostras em um único dia das centrais de transbordo municipais, de diferentes veículos de coleta de forma aleatória, onde cada amostra pesava aproximadamente 50 kg. Após a preparação das amostras, foram realizadas análises da composição física das amostras, da presença de metais pesados e do conteúdo energético das amostras.

Habitruzer (2008) desenvolveu um método para a análise da composição gravimétrica dos RSU da região de Santa Maria, 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. Essas amostras foram analisadas e caracterizadas gravimetricamente. Posteriormente, o material analisado foi novamente misturado e enviado para a triagem convencional da cooperativa. Por fim, foi realizada uma nova caracterização gravimétrica a fim de verificar a composição gravimétrica do rejeito após a triagem pela cooperativa. Os resultados da pesquisa demonstraram uma eficiência de 80% do material reciclado aproveitado nas esteiras de triagem, quando comparados à triagem manual inicial realizada.

Pereira (2012) realizou a caracterização gravimétrica dos resíduos da Ilha Solteira (SP) após o despejo de caminhões no aterro sanitário da região. A carga dos caminhões foi homogeneizada manualmente e dividida em 03 partes de volumes semelhantes, sendo retirada uma amostra 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 através da coleta de 11 (onze) amostras onde, após a disposição do resíduo pelo caminhão escolhido no aterro, foram coletadas quatro amostras de 240 litros cada em pontos aleatórios da pilha. 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 análise da caracterização gravimétrica.

Quanto à classificação que deve ser dada aos resíduos para a sua caracterização, também não existe um consenso sobre o tema. Quando analisamos a fração de plástico existente em uma amostra de resíduo, a mesma pode ser composta por diferentes polímeros (PP, PET, PVC, PEAD, PEBD, etc.).

Sahimaa et. al. (2015) descreve uma metodologia a ser implantada após a amostragem e análise dos resíduos sólidos urbanos, os mesmos podem ser

classificados nas frações da composição gravimétrica do resíduo estudado, como apresentado na Tabela 4 abaixo:

Tabela 4: Classificação da composição gravimétrica dos resíduos segundo Sahima et. al. (2015)

Nível 1	Nível 2
1. Resíduo orgânico	1.1 Resíduos de cozinha
	1.2 Resíduos de podas e jardinagem
	1.3 Outros resíduos orgânicos
2. Papel	2.1 Embalagem de papel
	2.2 Outros tipos de papel
3. Cartão e papelão	3.1 Embalagem de cartão
	3.2 Embalagem de papelão
	3.3 Outros tipos de cartão e papelão
4. Madeira	4.1 Embalagem de madeira
	4.2 Madeira tratada
	4.3 Outros tipos de madeira
5. Plástico	5.1 Embalagens de plástico
	5.2 Outros tipos de plástico
6. Vidro	6.1 Embalagens de vidro
	6.2 Outros tipos de vidro
7. Metal	7.1 Embalagens de metal
	7.2 Outros tipos de metal
8. Tecidos, sapatos e bolsas	8.1 Sapatos e bolsas
	8.2 Tecidos
9. Resíduos eletrônicos e baterias	9.1 Resíduos eletrônicos
	9.2 Baterias
	9.3 Acumuladores automotivos
10. Resíduos químicos perigosos	10.1 Remédios
	10.2 Outros resíduos químicos
11. Resíduos diversos	11.1 Embalagens diversas
	11.2 Fraldas, absorventes e resíduos sanitários
	11.3 Outros resíduos diversos

Fonte: Sashima et. al. (2015) - adaptado

Entretanto, a classificação dos resíduos de acordo com a sua caracterização tende a ser feita conforme a origem do resíduo e os resultados que se pretende analisar.

3.3. COLETA SELETIVA

3.3.1 Histórico da Coleta Seletiva no Brasil

No Brasil, apenas uma pequena parcela dos materiais passíveis de serem reciclados dentro de toda a porção de resíduos sólidos gerados no Brasil é de fato encaminhada para a reciclagem. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012), cerca de 30% de todo o RSU coletado no Brasil pode ser reciclado e/ou reaproveitado. Entretanto, ainda de acordo com o IPEA (2012) a economia brasileira ainda perde R\$ 8 bilhões por ano por não possuir uma gestão de resíduos sólidos nos municípios capaz de realizar um Programa de Coleta Seletiva que reaproveite a maior parte da matéria-prima descartada.

Neste contexto atual, torna-se cada vez mais importante o fortalecimento da consciência ambiental dos cidadãos e dos Programas de Coleta Seletiva Municipais, para que o volume de resíduos gerados encaminhados para a reciclagem aumente e o volume encaminhado para a disposição final diminua, cumprindo-se assim, o que foi estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

É comum a presença do setor informal na reciclagem de resíduos nas cidades do hemisfério Sul. Essa presença contribui substancialmente com a gestão de resíduos e com a recuperação de recursos, alimentando a cadeia de abastecimento da indústria de reciclagem com novos recursos para a produção. Entretanto, a organização de trabalhadores informais e sua integração no gerenciamento formal de resíduos sólidos não são difundidas no hemisfério Sul. No Brasil, por exemplo, há uma tendência de que o município que possui Coleta Seletiva contrate organizações de catadores para o serviço de coleta de materiais recicláveis nas residências. Aproximadamente metade dos municípios que possuem o Programa de Coleta Seletiva trabalham com cooperativas (Gutberlet, 2015).

Segundo Besen et. al. (2014), tem se observado que a partir da década de 90 no Brasil o setor informal dos resíduos sólidos tem se empenhado em integrar os catadores de materiais reciclados no ciclo da Coleta Seletiva.

Assim como no resto do mundo, no Brasil a maioria dos catadores ainda atuam de maneira informal, trabalhando em condições deploráveis de saúde ocupacional, e são frequentemente estigmatizados por parte da sociedade e são muito pobres (Gutberlet, 2015).

A atuação dos catadores nas ruas dos centros urbanos é hoje responsável pela coleta de 90% do material que alimenta a indústria de reciclagem. Estes desempenham uma atividade quase invisível de serviço de utilidade pública, aliviando os custos de limpeza urbana, aumentando a vida útil dos aterros sanitários e diminuindo a emissão de gases de efeito estufa (PMSP, 2013).

Do ponto de vista social, a coleta seletiva permite a participação da população no processo de prevenção ambiental, promove a geração de empregos formais e informais e viabiliza a possibilidade de renda aos catadores. Estes trabalhadores por sua vez, embora muitas vezes excluídos socialmente e economicamente e que são geralmente marginalizados pela sociedade em geral, estão realizando um importante serviço à comunidade e ao meio ambiente.

Desta forma, cada vez mais o resíduo sólido é reconhecido como um recurso com potencial para manter os meios de subsistência e para a geração de renda (Gutberlet, 2015).

Porém, ainda se nota por parte de alguns municípios a ocorrência de programas de Coleta Seletiva pouco maduros e com baixa eficiência, que pouco colaboram para a solução dos problemas de gestão de resíduos sólidos. Além disso, ainda existem diversas municipalidades que não têm programas implementados de coleta seletiva e reciclagem de seus resíduos, mesmo após a publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010 (Paschoalin Filho et. al. 2014).

Besen et. al. (2014) alertam para o fato de que apesar dos significativos avanços da coleta seletiva com inclusão de catadores no país, nos últimos 20 anos, ainda existem desafios para sua consolidação como um modelo sustentável de gestão de resíduos sólidos. Sua pesquisa aponta por exemplo que, na Região Metropolitana de São Paulo em 2013, a relação mais comum entre as cooperativas era de convênio

sem repasse financeiro (64%) e 29% dos municípios não possuía nenhum tipo de instrumento legal na relação com os catadores. Portanto, a renda das organizações de catadores resultava unicamente da comercialização de resíduos recicláveis, o que dificulta investimentos em melhorias tecnológicas na prestação do serviço, na manutenção de condições satisfatórias de trabalho e na gestão dos empreendimentos.

Diante desse cenário, Moreira (2017) relata que os programas municipais de coleta seletiva brasileiros e a participação dos catadores, como atores principais desse processo, precisam ser reavaliados e reestruturados para que as metas e os objetivos inicialmente propostos sejam alcançados, sejam ampliadas as oportunidades de inclusão social e econômica, bem como viabilizadas melhores condições de vida e saúde para esse segmento da população.

3.3.2 Indicadores de Coleta Seletiva

Bringhetti (2004) identificou os principais indicadores utilizados para o planejamento e a avaliação de desempenho em Programas de Coleta Seletiva de resíduo sólido urbano no Brasil e instituiu um grupo de 06 indicadores de referência para a Coleta Seletiva, apresentados a seguir:

a) Cobertura de atendimento do programa (hab ou %)

Expressa a parcela da população que é atendida pelo Programa de Coleta Seletiva no município.

Forma de apuração: quociente entre a somatória da população atendida pelo população total do município x 100

b) Índice de Recuperação de Materiais Recicláveis – IRMR (%)

Expressa a quantidade de materiais recicláveis que deixaram de ser enviados à destinação final por terem sido separados pelo processo de coleta seletiva.

Forma de apuração:

$$IRMR (\%) = \frac{\text{Quantidade de materiais recicláveis} - \text{quantidade de rejeito}}{\text{quantidade total de RSU coletada} + \text{quantidade de materiais recicláveis}} \times 100 \quad (1)$$

c) Quantidade mensal coletada seletivamente (t/ mês)

Expressa a quantidade de resíduos recicláveis coletados seletivamente no mês.

Forma de apuração: somatória das quantidades de resíduos recicláveis coletados seletivamente, no período de um mês.

d) Custo de triagem (R\$/ t)

Expressa a relação entre o custo de triagem e o total de materiais recicláveis triados no mesmo período.

Forma de apuração: quociente entre a somatória dos custos de pessoal, materiais, equipamentos e insumos e o total de materiais recicláveis no mesmo período.

e) Quantidade de itens de materiais recicláveis comercializados (un)

Expressa a quantidade de itens de materiais recicláveis com mercado no Programa de Coleta Seletiva.

Forma de apuração: somatória dos itens dos materiais recicláveis comercializados pelo Programa de Coleta Seletiva.

f) Custo total do programa (R\$/ t)

Expressa a relação entre o custo de coleta, transporte, triagem e destinação de materiais recicláveis e rejeitos, descontados dos ganhos de receita e economia de destinação final, e o total de materiais recicláveis coletados no mesmo período.

Forma de apuração:

Custo

$$= \frac{\{[\text{custo para triagem do material} + \text{custo para destinação do rejeito}] - [\text{receita de venda de material reciclado}]\}}{\text{Total de material reciclado}}$$

Segundo Besen (2011), alguns índices de referência podem ser utilizados para monitorar a sustentabilidade dos Programas de Coleta Seletiva, sendo estes: a taxa de recuperação de materiais recicláveis (TRMR) e a taxa de rejeito (TR). Estes índices podem ser calculados através das Equações 3 e 4, respectivamente.

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

TR (%)

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

Através do 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. Quanto maior for o resultado da TRMR, melhor está sendo o Programa de Coleta Seletiva. Este indicador é similar ao IRMR citado por Bringheti (2004) em seu estudo.

Já o monitoramento da TR possibilita verificar a eficiência de segregação dos materiais reciclados na fonte e nos locais de triagem. Através desse índice é possível analisar a fração de material encaminhado para a reciclagem pela fonte geradora que após a triagem: a) pode ser de fato reciclada devido às características do material, b) é economicamente viável de ser reciclada. Quanto menor o resultado da TR, melhor está sendo implantado o Programa de Coleta Seletiva.

3.4. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

De acordo com o estabelecido pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos, é de responsabilidade do município o tratamento e destinação final dos RSU gerados pela população. Para este gerenciamento, a Prefeitura de São Paulo conta com a AMLURB (Autoridade Municipal de Limpeza Urbana), a qual integra a Secretaria de Serviços e Obras.

O município de São Paulo é considerado o mais populoso do Brasil, abrigando cerca de 11 milhões de habitantes (PMSP, 2015), além de ser também o principal centro financeiro e mercantil. Por consequência, é também a cidade que gera o maior volume de resíduos no país. De acordo com a PMSP (2015), 20,1 mil toneladas por dia de resíduo do tipo Classe II – não perigoso, precisa ser tratado e destinado. Deste montante, 31% são considerados materiais reciclados e, deste total, segundo Paschoalin Filho et. al. (2014), apenas uma parcela de 1,6% dos recicláveis gerados são recuperados.

Para atendimento da PNRS e gestão dessa imensa quantidade de resíduos gerada, o município de São Paulo estabeleceu o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS-SP, 2014), que tem como um dos objetivos a ampliação da coleta seletiva. O PMGRIS-SP estabelecido em 2014 definiu metas para o Programa Municipal de Coleta Seletiva de São Paulo, tais como:

- Universalizar a coleta seletiva de resíduos secos com atendimento de todo o território de cada um dos 96 distritos da cidade, precedida de campanhas, a partir de 2014, até o final de 2016;
- Definir o sistema de Logística Reversa (Termos de Compromisso) para implementação da operacionalização do retorno de produtos pelos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, com a devida fiscalização do cumprimento, até 2016;
- Instalar 4 centrais de grande porte e processamento mecanizado, com control sistemático dos processos e dos impactos, sendo duas em 2014 e duas últimas em 2016, distribuídas pelos dois agrupamentos.

Porém, as metas citadas acima que foram propostas no PMGRI-SP ainda não foram cumpridas em 2017.

A Prefeitura divide a coleta dos resíduos sólidos urbanos em duas categorias: os resíduos sólidos que vão diretamente para os aterros sanitários e os resíduos sólidos de coleta seletiva que, após triagem, segue com os rejeitos para o aterro. Existem atualmente duas empresas licenciadas a realizar toda a coleta e a destinação adequada do município de São Paulo. Essas empresas são responsáveis por gerenciar a logística dos caminhões pelas ruas em dias e horários definidos, coletando os resíduos disposto pelos moradores. Por fim, os resíduos coletados vão para dois aterros sanitários licenciados: um no município de Caieiras e outro situado na Zona Leste de São Paulo.

Segundo Paschoalin Filho et. al. (2014), as primeiras iniciativas em relação à promoção da coleta seletiva de materiais secos no município de São Paulo ocorreu em 1989, sendo em 2002 retomado com o Programa de Coleta Seletiva, o qual perdura até os dias atuais, recolhendo os materiais dos domicílios ou através dos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), atuando em parceria com as cooperativas. O

Programa de Coleta Seletiva baseou-se na inclusão de organizações de catadores no gerenciamento de centrais de triagem de recicláveis.

Segundo a PMSP (2015), 96 dos 84 distritos existentes no município são atendidos pelo Programa Municipal de Coleta Seletiva, realizando a coleta destes materiais uma vez por semana. Contudo, o município de São Paulo ainda não é atendido 100% por este Programa. Além disso, existe também a coleta informal dos materiais reciclados por catadores, que recolhem o material reciclado e o vendem para os sucateiros ou pontos de compra.

Após a coleta, os materiais são destinados às Cooperativas ou às Centrais de Triagem. A triagem consiste na separação dos materiais provenientes da Coleta Seletiva dos municípios em recicláveis e rejeitos. Esta etapa é necessária, pois o material recebido pode não ser reciclável ou não apresentar viabilidade econômica para reciclagem. Em agosto de 2017 existiam 20 Cooperativas cadastradas como aptas pela Prefeitura para realizar essa triagem. Neste mesmo período existiam duas Centrais de Triagem Mecanizadas, operadas por empresas privadas em conjunto com cooperativas, realizando a mesma função das Cooperativas através do uso de tecnologias ambientais, instaladas no município desde 2014 (PMSP, 2017).

No final do processo, os materiais recicláveis são prensados em fardos e encaminhados para venda em indústrias, enquanto os rejeitos são encaminhados para disposição final nos aterros sanitários.

Desta forma, o sistema da coleta seletiva no município de São Paulo pode ser representado na Figura 1.

Figura 1: Sistema de Coleta Seletiva no município de São Paulo



Como citado, a Prefeitura disponibiliza dois mecanismos para a triagem dos materiais reciclados coletados: as Cooperativas e as Centrais de Triagem Mecanizadas. As cooperativas são operadas exclusivamente por associações de catadores, enquanto as Centrais de Triagem foram implantadas pelas empresas concessionadas para a gestão de resíduos no município e também são operadas pelas associações de catadores.

Após a implantação das Centrais de Triagem Mecanizadas, a capacidade de reciclagem dos RSU gerados aumentou e possibilitou a extensão da Coleta Seletiva para oito novos distritos. As implantações dessas Centrais Mecanizadas de Triagem estão atreladas a um processo de valorização das cooperativas de reciclagem, sendo operadas por catadores das cooperativas já cadastradas.

A estimativa é de que parte da receita gerada nas centrais de triagem seja destinada para um fundo privado chamado Fundo Paulistano da Reciclagem, Logística Reversa e Inclusão dos catadores, gerenciado pelos próprios catadores. O fundo visa atender as cooperativas atuais e os catadores que estão isolados na cidade que ainda não são cooperados, para que estes últimos possam ser inseridos no sistema formal (PMSP, 2017)

As cooperativas associadas ao Programa de Coleta Seletiva do município de São Paulo funcionam em áreas que geralmente foram cedidas pela Prefeitura de São Paulo aos catadores sob a forma de comodato, arcando com os custos de água e energia e fornecendo alguns equipamentos. (Moreira, 2017).

No momento atual, muitas cooperativas ao menos sabem informar a quantidade de materiais comercializada mensalmente, avaliando a quantidade de rejeito gerada em seus processos por meio de estimativa (Moreira, 2017).

4. METODOLOGIA

4.1. ESCOLHA DA COOPERATIVA PARA COLETA DE AMOSTRAS

A seleção da cooperativa para a coleta de amostras de RSU provenientes da Coleta Seletiva do Município de São Paulo foi pautada nos seguintes critérios:

- Localização da Subprefeitura de onde os resíduos recebidos eram provenientes;
- Localização da Cooperativa;
- Tipologia dos resíduos que eram recebidos e triados;
- Interesse em estabelecer parceria com a Universidade Federal do ABC.

Dentre às 20 cooperativas presentes no município de São Paulo, foi realizada uma pesquisa para verificar qual a tipologia de materiais para reciclagem eram recebidos no local.

Inicialmente, as cooperativas foram analisadas quanto à sua distância em relação ao *campus* da Universidade, em Santo André - SP, onde as análises seriam realizadas, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5: Distância levantada para a seleção da cooperativa para a coleta de amostras de resíduos, considerando-se o interesse em estabelecer parceria com à UFABC

COOPERATIVA	DISTÂNCIA DA UFABC	COOPERATIVA	DISTÂNCIA DA UFABC
Cooperativa Tietê	15,8 km	Coopermyre	22,6 km
Coopere	21,0 km	Vira Lata	39,9 km
Cooperleste	14,3 km	Fênix Ágape	35,1 km
Tiquatira	18,1 km	Cooperativa nossos Valores	34,8 km
Cooperativa Sem Fronteira	25,0 km	Coopermiti	22,0 km
Cooperativa Vitória da Penha	26,1 km	Cooperativa Chico Mendes	13,9 km
Coopercaps	25,0 km	Cooperativa Nova Esperança	31,4 km
Nova Conquista	29,2 km	Cooperpac	31,9 km
Coopervivabem	28,1 km	Cooperativa Crescer	34,1 km
Cooperativa União	20,6 km	Cooperação	39,0 km

Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo, 2016

Com a decisão pautada em uma questão logística, para uma primeira triagem foram consideradas apenas as cooperativas localizadas a uma distância inferior a 25 quilômetros (25 km) de distância do *campus* da Universidade.

Dentre as oito cooperativas dentro deste critério, foram analisadas as tipologias de resíduos que cada uma dessas cooperativas recebia, a subprefeitura que atendia e a facilidade de acesso e locomoção na área conforme a Tabela 6.

Tabela 6: Características levantadas para a seleção final da cooperativa levando em consideração a tipologia de resíduos, facilidade de acesso e subprefeitura a qual pertence.

COOPERATIVA	TIPOLOGIA	ACESSO	SUBPREFEITURA
Cooperativa Tietê	Coleta Seletiva	Fácil acesso	Mooca
Coopere	Coleta Seletiva	Fácil acesso	Sé
Cooperleste	Coleta Seletiva	Fácil acesso	São Mateus
Tiquatira	Coleta Seletiva	Difícil acesso	Vila Maria
Coopervivabem	Coleta Seletiva	Fácil acesso	Lapa
Coopermyre	Coleta Seletiva	Fácil acesso	Santo Amaro
Coopermiti	Eletroeletrônico	Fácil acesso	Casa Verde
Cooperativa Chico Mendes	Coleta Seletiva	Difícil acesso	São Mateus
Cooperativa União	Coleta Seletiva	Fácil acesso	Itaquera
Cooperativa Crescer	Coleta Seletiva	Fácil acesso	Pirituba/ Jaraguá

Do resultado apresentado na Tabela 6, foi descartada a cooperativa que realizava a coleta apenas de materiais eletroeletrônicos.

Por fim, as cooperativas restantes foram analisadas quanto à origem dos materiais recebidos para triagem, de onde foi realizada a seleção final da cooperativa.

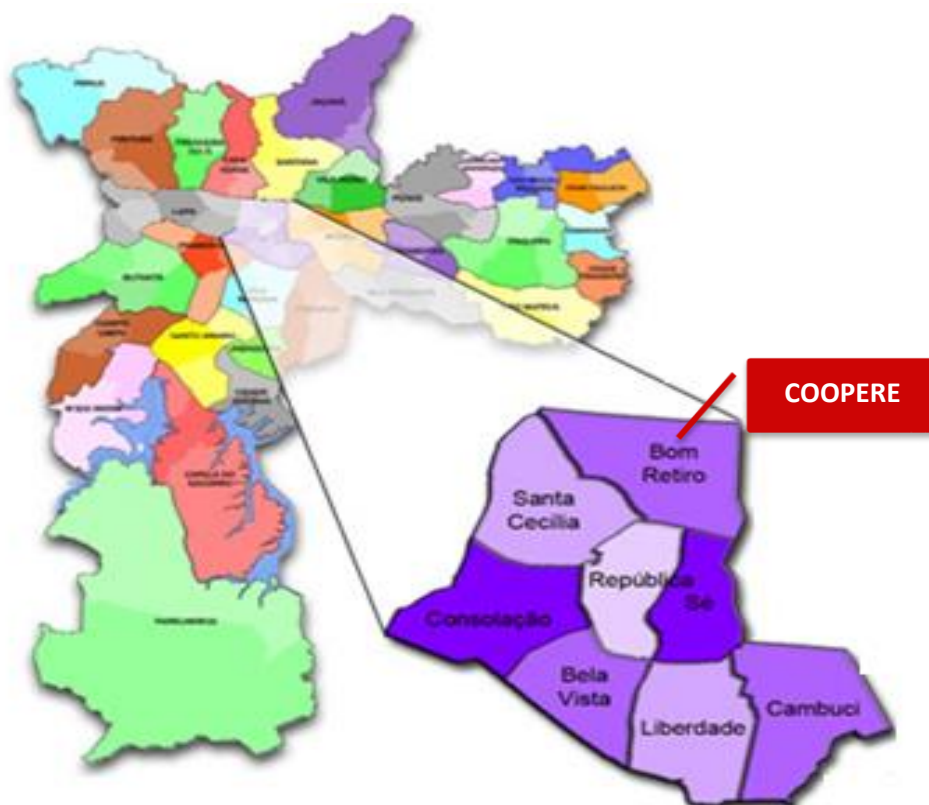
Partindo da premissa de que a composição gravimétrica do resíduo varia conforme as características demográficas e econômicas de cada região, optou-se neste escopo de trabalho por realizar a análise do resíduo de coleta seletiva proveniente da região central do município de São Paulo, o qual é encaminhado para a cooperativa COOPERE. Como não havia nenhum estudo prévio sobre a

caracterização gravimétrica de resíduos provenientes de coleta seletiva no Município de São Paulo, a Região Central foi escolhida por ser uma região que é atendida em sua totalidade pelo Programa de Coleta Seletiva, além de possuir uma característica de ocupação mista de comércios e residências.

Após a seleção da cooperativa a qual é objeto de estudo desta pesquisa, foi realizada uma visita à cooperativa escolhida para se estabeleça parceria para estapesquisa.

Localizada no bairro do Bom Retiro no município de São Paulo, a Coopere hoje é responsável por receber e realizar a triagem do material proveniente da Coleta Seletiva da Subprefeitura da Sé, região central da cidade, como pode ser observado na Figura 2:

Figura 2 - Localização da Subprefeitura da Sé no município de São Paulo e da cooperativa COOPERE



Fonte: <http://transparencia.prefeitura.sp.gov.br/subprefeituras/default.aspx>

A Subprefeitura da Sé compreende, além do distrito do Bom Retiro onde a COOPERE está instalada, os distritos: Bela Vista, Cambuci, Consolação, Liberdade,

República, Santa Cecília e Sé, compreendendo uma área de 25,56 km². A região possui 431.106 habitantes tendo, portanto, uma densidade demográfica de 16,454 hab/km² (Prefeitura de São Paulo, 2017).

Diariamente é encaminhada para a COOPERE uma grande diversificação de materiais para triagem. Além da separação dos materiais compostos por papel, plástico, metais e vidro, também são recepcionados no local equipamentos eletroeletrônicos para a reciclagem. Para atender essa demanda de materiais recebidos, a cooperativa trabalha com duas esteiras para triagem de materiais e um local para manipulação de materiais eletrônicos e aerossóis, operando com turno de trabalho de segunda a sexta-feira em período integral e meio período aos sábados. São triados e comercializados em média 130 toneladas de recicláveis por mês. O tempo médio de armazenamento varia conforme o tipo: uma semana para papel e papelão, dez dias para metais ferrosos, quinze dias para vidros um mês para plásticos. O rejeito gerado no processo de triagem é disposto em um local coberto e são retirados pelo serviço municipal a cada 2 ou 3 dias (Moreira, 2017).

A visita inicial à cooperativa COOPERE foi realizada no dia 12 de março de 2016, quando foi possível se reunir com o líder da cooperativa e estabelecer uma parceria para a coleta de amostras.

4.2. COLETA DE AMOSTRAS

4.2.1. RELAÇÃO DE MATERIAIS

A seguinte relação de materiais é necessária durante a coleta de amostras na Cooperativa; assim como os equipamentos de proteção individual (EPIs) descritos abaixo:

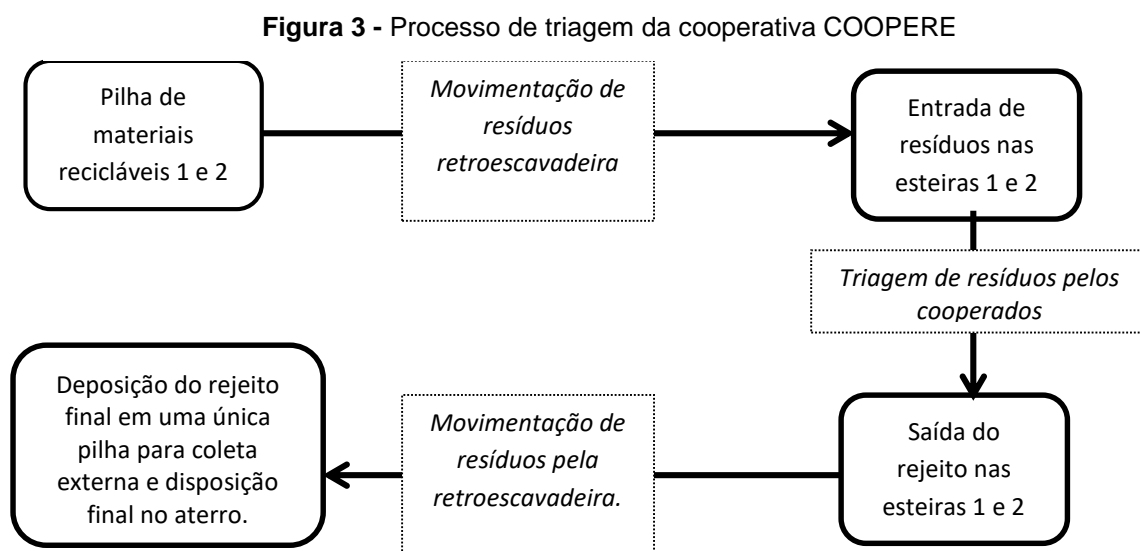
- Luva plástica de Látex;
- Óculos de segurança;
- Máscara de respiração descartável;
- Sacos plástico de 100 L.

4.2.2. AMOSTRAGEM

O plano de amostragem contemplava a realização de 06 (seis) campanhas de coleta ao longo de um período um 01 (um) ano, realizando-se a coleta de 04 (quatro) amostras em cada uma das campanhas realizadas.

As amostras foram coletadas antes e após o processo de triagem realizado pela cooperativa, sendo sempre coletadas todas as 04 (quatro) amostras no mesmo dia em cada campanha de coleta. Ou seja, foram coletados os materiais que entraram e que saíram ao final da esteira de triagem, para que os mesmos pudessem ser analisados e comparados.

A cooperativa COOPERE possui duas linhas de produção para triagem de materiais pelos catadores que, para melhor compreensão do trabalho, foram denominadas como linha de produção 1 e linha de produção 2. Os resíduos recebidos pela cooperativa são divididos entre estas duas linhas e que são operadas de acordo com o processo apresentado na Figura 3.



A fim de garantir melhor amostragem dos resíduos, a seguinte metodologia para coleta foi estabelecida:

- i. Coleta de pontos distintos da pilha de materiais recicláveis 1 (P1) até completar aproximadamente metade do saco plástico de 100 L e coleta de

pontos distintos de pilha de materiais recicláveis 2 (P2) até completar todo o saco de 100 L, como está representado nas Figuras 4 e 5.

- ii. Coleta de pontos distintos da entrada da esteira 1 (E1) até completar aproximadamente metade do saco plástico de 100 L e coleta de pontos distintos de entrada da esteira 2 (E2) até completar todo o saco de 100 L, como está representado nas Figuras 6 e 7.
- iii. Coleta da saída do rejeito na esteira 1 (S1) até completar aproximadamente metade do saco plástico de 100 L e coleta da saída do rejeito na esteira 2 (S2) até completar todo o saco de 100 L, como está representado nas Figura 8 e 9.
- iv. Coleta de pontos distintos da pilha de rejeitos final (R_{final}) até completar o saco de 100 L, representada nas Figura 10 e 11.

Desta forma, a coleta das amostras foi realizada nos seguintes locais:

- **PILHAS 1 E 2 DE MATERIAIS AGUARDANDO PARA TRIAGEM**

Figura 4 - Pilha 1 (P1) de materiais para triagem



Figura 5 - Pilha 2 (P2) de materiais para triagem



- **ENTRADAS 1 E 2 DE MATERIAIS NAS ESTEIRAS PARA TRIAGEM**

Figura 6 - Entrada 1 (E1) de materiais para triagem



Figura 7 - Entrada 2 (E2) de materiais para triagem



- **SAÍDAS 1 E 2 DE REJEITOS DA ESTEIRA DE TRIAGEM**

Figura 8 - Saída 1 (S1) de rejeitos da esteira



Figura 9 - Saída 2 (S2) de rejeitos da esteira



- **PILHA DE REJEITOS AGUARDANDO DISPOSIÇÃO FINAL**

Figura 10 - Pilha de rejeitos (Rfinal)

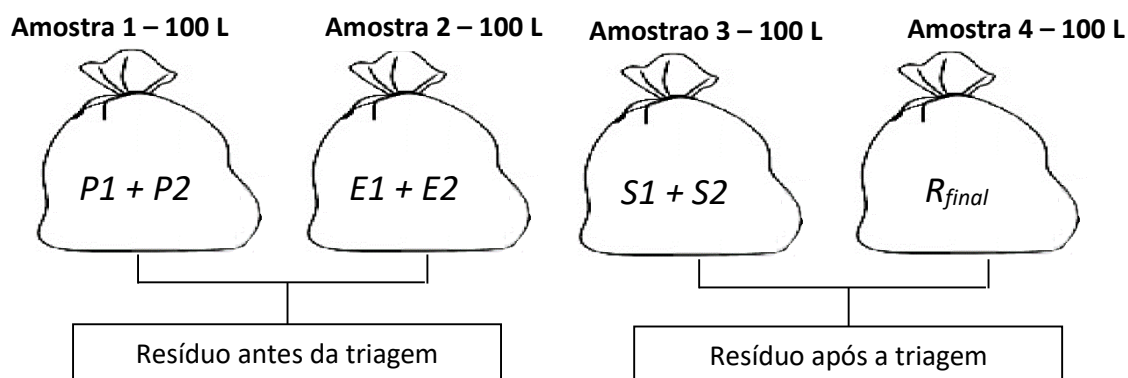


Figura 11 - Coleta na pilha de rejeitos (Rfinal)



Conforme representado na Figura 11, foram coletados aproximadamente 100 L de amostra em cada etapa do processo da cooperativa, totalizando um valor aproximado de 400 L de resíduos por campanha, do total de 06 (seis) campanhas de coleta realizadas. A amostra 1 representa a coleta de 100 L de material em pontos distintos de P1 + P2, ou seja, coleta nas pilhas de armazenamento do material proveniente da coleta seletiva que irá passar pela triagem. Da mesma forma, a amostra 2 representa a coleta de 100 L de material no momento entrada nas esteiras de triagem. A amostra 3 representa a coleta de 100 L do rejeito no momento de saída da triagem pelos cooperados. Por fim, a amostra 4 representa a coleta de 100 L do rejeito na pilha que será destinada ao aterro sanitário. Destaca-se que a coleta era feita de maneira aleatória em diversos pontos das pilhas, mas procurando incorporar a maior variedade de resíduos possível em cada saco.

Figura 12 - Representação das amostras de resíduos coletadas na cooperativa Coopere



O procedimento descrito acima foi realizado seis vezes em um período de dez meses, tendo iniciado no mês de abril de 2016 e finalizado no mês de fevereiro de 2017. As amostras coletadas foram encaminhadas para a Universidade Federal do ABC, *campus* Santo André, e analisadas no Laboratório de Processos Biológicos.

4.3. CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DAS AMOSTRAS COLETADAS

4.3.1. MATERIAIS NECESSÁRIOS

- Luva de Latéx;
- Óculos de proteção;
- Máscara de respiração descartável;
- Balança;
- Béquer;
- Pinça;
- Amostras de resíduos coletadas conforme item 4.2.1.

4.3.2. CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA

A composição gravimétrica foi realizada em laboratório, de forma que, os materiais que compõem os resíduos foram separados conforme as classificações apresentadas na Tabela 7:

Tabela 7 - Classificação dos materiais identificados nas amostras

Classificação dos materiais			
1	Papel	16	PEBD - Polietileno de Baixa Densidade
2	Embalagem de papel	17	PP (fino) - Polipropileno
3	Papelão	18	PP (grosso) - Polipropileno
4	Jornal	19	Plástico - Outros
5	Revista	20	Copo descartável - Poliestireno
6	Embalagens Tetrapak	21	Plástico - sacola de supermercado
7	Sucata Metálica	22	Plástico - saco de lixo preto
8	Latas de Alumínio	23	Isopor
9	Aerosol	24	CDs
10	Latas de Aço	25	Embalagem composta
11	Vidro branco	26	Plástico não identificado
12	Vidro colorido	27	Lâmpada fluorescente
13	PET - Polietileno Tereftalato	28	Tecidos
14	PEAD - Polietileno de Alta Densidade	29	Madeira
15	PVC - Policloreto de Vinila	30	Rejeito (folha, terra, guardanapos, etc.)

Este processo pode ser melhor compreendido com as Figuras 13 a 18, nas quais pode-se observar a separação dos materiais *papelão*, *polipropileno*, *alumínio*, *embalagem tetrapak*, *tecido* e *rejeito* conforme a classificação estabelecida.

Figura 13 - Separação do papelão na bancada



Figura 14 - Separação do polipropileno

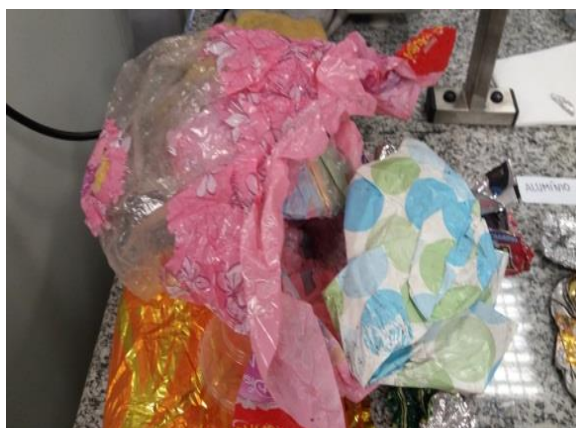


Figura 15 - Separação do alumínio



Figura 16 - Separação dos materiais tipo Tetrapak



Figura 17 - Separação do tecido



Figura 18 - Separação do rejeito



Após esta etapa de separação dos materiais na bancada, os montantes foram pesados na balança de acordo com sua classificação, quando foi possível se obter a massa dos materiais por tipologia definida.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. COLETA DAS AMOSTRAS

As seguintes quantidades de materiais foram coletadas em cada uma das seis campanhas de amostragem:

Tabela 8 - Quantidade de massa coletada por amostra e por campanha de amostragem na cooperativa Coopere

Amostra	Campanha 1 Abr/2016	Campanha 2 Jun/2016	Campanha 3 Ago/2016	Campanha 4 Out/2016	Campanha 5 Jan/2017	Campanha 6 Fev/2017
P1 + P2	3,6 kg	4,1 kg	4,5 kg	3,4 kg	2,0 kg	1,7 kg
E1 + E2	2,9 kg	4,0 kg	4,1 kg	3,9 kg	1,7 kg	2,1 kg
S1 + S2	1,9 kg	1,4 kg	3,2 kg	2,5 kg	2,6 kg	4,1 kg
R_{final}	4,6 kg	1,8 kg	2,6 kg	4,8 kg	2,6 kg	2,5 kg
Total	13,0 kg	11,3 kg	14,4 kg	14,6 kg	8,9 kg	10,4 kg

A etapa de coleta de amostras na cooperativa foi percebida como a etapa mais crítica para o desenvolvimento desta pesquisa. Isso porque diversos fatores internos da cooperativa influenciaram na coleta de amostras de resíduos.

A primeira barreira encontrada foi a dificuldade em se comunicar com a cooperativa por telefone, por não haver pessoas dedicadas exclusivamente ao setor administrativo, o que muitas vezes dificultava a programação das coletas. Essa percepção se confirma conforme levantamento realizado na pesquisa de Moreira (2017), que cita que as atividades administrativas da cooperativa como secretaria e tesouraria são exercidas por cooperados que tenham nível de instrução mais alto e certo conhecimento de informática. Porém, todos que exercem atividades burocráticas também participam das atividades operacionais. O cronograma inicial previa todas as coletas sendo realizadas aos sábados, devido ao fato da cooperativa operar neste dia. Porém, quando os cooperados conseguiam manipular toda a quantidade de resíduos recebida durante a semana, eles eram dispensados de trabalhar no sábado. Como nem sempre se conseguia uma comunicação prévia, em algumas vezes ao se chegar na cooperativa para realizar a coleta, esta se encontrava fechada. Como isso

aconteceu com razoável frequência e atrasou o cronograma de coletas, a partir da Campanha 4 optou-se por realizar as coletas sempre durante a semana.

A segunda barreira encontrada foi a alta rotatividade entre os cooperados e, principalmente, na liderança da cooperativa. Durante o período da coleta a cooperativa trocou três vezes de liderança, sendo que as substituições foram realizadas devido à afastamentos médicos. Toda vez que a liderança era substituída era necessário reconhecer o novo líder, explicar novamente o projeto e buscar a aprovação para a coleta das amostras. Felizmente, todos os líderes sempre se mostraram dispostos a cooperar, não medindo esforços em ajudar durante as coletas e a disponibilizar todo o acesso necessário à cooperativa.

Essa barreira pode ser observada no estudo de Moreira (2017), a qual realizou um diagnóstico das condições de saúde dos trabalhadores de duas cooperativas do município de São Paulo, sendo uma delas a Coopere. Esse estudo demonstrou que quanto ao tempo de prestação de serviço a essas cooperativas, foi verificado que 25,3% ainda não tinha completado um ano como cooperados. Muitos (44,6%) pertenciam a faixa de 1 a 6 anos de serviço e 30,1% pertenciam há mais de sete anos. Destes últimos, 14,5% trabalhavam nas cooperativas há mais de 10 anos.

Esse mesmo estudo demonstra que as condições de trabalho dos cooperados podem gerar agravos às suas saúdes, levando-os ao afastamento de suas atividades laborais. As principais queixas apontadas foram: dores no sistema muscoesquelético, lesões (acidentais ou não) em diferentes partes do corpo, doenças do aparelho respiratório, doenças do sistema cardiovascular e as doenças emocionais.

Deste modo, iniciou-se a campanha de coleta de resíduos em abril de 2016 e finalizou-se em fevereiro de 2017, totalizando seis campanhas de amostras, distribuídas ao longo de quase um ano.

5.2. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DAS AMOSTRAS COLETADAS

Ao final de cada campanha de coleta realizada as amostras foram levadas ao laboratório para a análise da composição gravimétrica o do material analisado. Os resultados obtidos ao longo das seis campanhas realizadas encontram-se na **Tabela 9**.

Tabela 9 – Resultado final da composição gravimétrica das amostras obtidas a partir das seis campanhas de coleta na Cooperativa Coopere

Materiais analisados:	Pilha 1 e Pilha 2		ENTRADA 1 E ENTRADA 2		SAÍDA 1 E SAÍDA 2		PILHA DE REJEITO	
	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Média (%)	Desvio Padrão (%)
Papel	19,03	24,27	4,94	3,2%	2,98	5,06	3,38	5,00
Embalagem de papel	8,12	6,74	3,91	2,98	3,07	1,88	3,43	3,18
Papelão	7,3	5,73	7,77	9,65	2,97	7,64	5,28	6,53
Jornal	0,33	0,43	0,25	0,32	0,07	0,24	0,57	0,79
Revista	0,38	0,67	2,44	3,48	0,24	0,47	0,62	1,80
Tetrapak	6,99	7,85	7,63	4,21	0,75	1,36	1,20	1,78
Sucata Metálica	1,74	3,78	6,98	13,39	0,12	0,58	0,00	0,00
Latinha de alumínio	1,27	1,46	0,78	1,19	0,11	0,25	0,15	0,20
Aerosol	0,00	0,00	0,77	0,94	0,00	0,00	0,16	0,49
Lata de aço	0,42	1,15	2,76	1,74	0,93	2,72	0,00	0,00
Vidro branco	5,76	10,84	1,64	2,53	0,00	0,00	0,00	0,00
Vidro colorido	5,11	6,67	12,17	10,13	1,28	2,02	0,09	0,15
1 - PET	9,28	6,24	10,58	7,61	4,88	3,31	5,02	3,98
2- PEAD	5,51	2,87	4,57	5,34	1,03	1,75	0,97	0,78
3 - PVC	0,00	0,00	0,23	0,35	0,26	1,23	0,48	0,80
4 PEBD	1,05	0,75	2,23	1,96	0,70	0,42	1,47	1,60
5 - PP fino	1,09	1,14	1,82	1,55	0,71	0,91	1,88	1,69
5 - PP grosso	1,80	2,40	0,96	1,60	1,62	2,89	0,76	0,70
6 - PS	0,35	0,70	0,16	0,26	0,22	0,56	0,18	0,30
7 - Outros	2,06	1,60	1,98	1,65	2,90	4,54	3,16	1,72
Copo descartável (PS)	0,20	0,18	0,34	0,54	0,33	0,91	0,40	0,43
Sacolinha de mercado	2,89	1,84	3,15	2,46	0,22	0,73	0,65	0,90
Saco de lixo preto	0,29	0,53	3,33	2,74	0,46	0,92	0,00	0,00
Isopor	1,74	1,59	1,75	1,45	2,32	1,35	4,15	3,41
Material eletrônico	0,00	0,00	0,15	0,23	0,00	0,00	0,35	0,59
CD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tecido	1,86	2,89	2,44	1,93	4,34	9,26	11,29	12,63
Embalagem composta	0,57	1,70	2,15	2,14	25,70	34,73	2,04	2,58
Rejeito	11,07	7,68	13,36	13,80	38,45	37,58	42,87	15,26
Plástico (não identificado)	3,98	5,37	1,82	2,58	3,01	2,79	5,89	4,10
Borracha	0,00	0,00	0,54	1,18	0,03	0,08	1,85	2,13
Madeira	0,00	0,00	0,88	1,29	0,29	1,14	1,72	2,89

Para uma compreensão mais clara e sucinta dos resultados da composição gravimétrica dos resíduos das amostras coletadas, as 32 tipologias de resíduos determinadas inicialmente foram agrupadas conforme a tipologia do material e enquadradas em apenas 8 categorias, conforme **Tabela 10**.

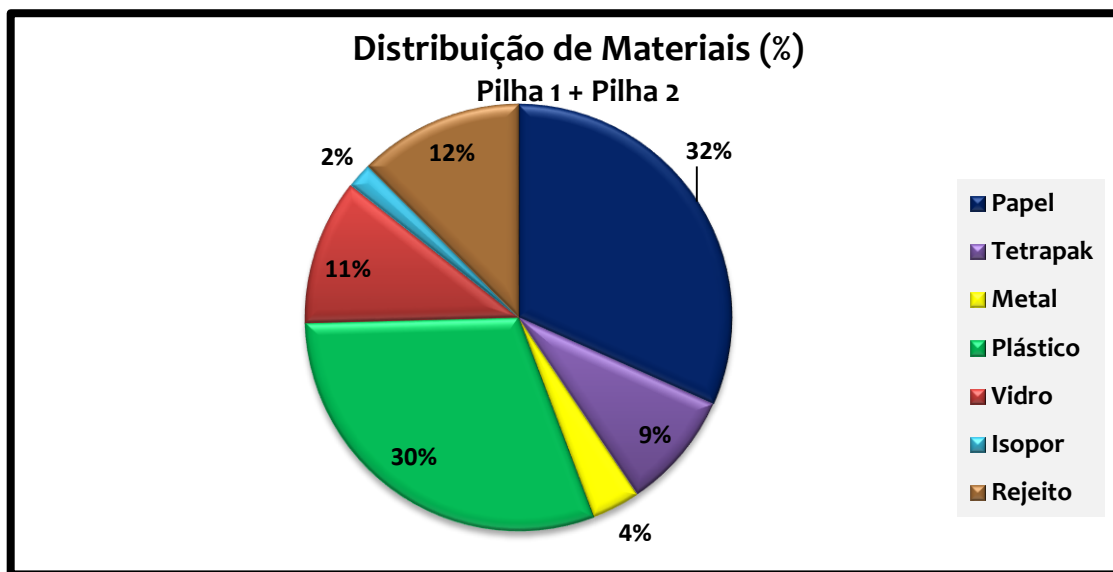
Tabela 10 – Reagrupamento e reclassificação das categorias de Tipologias de resíduos

RECLASSIFICAÇÃO DAS TIPOLOGIAS			
1.	Papel, jornais, revistas e papelão	5.	Vidro – Branco e colorido
2.	Tetrapak	6.	Isopor
3.	Metais – Alumínio e Aço	7.	CD e eletrônicos
4.	Plásticos – PP, PET, PVC, PEAD, PEBD, Outros, Não Identificado e sacolas	8.	Rejeito (tecido, madeira e outros rejeitos)

Com base nessa classificação realizada, estudou-se a composição gravimétrica dos resíduos em cada um dos locais de coleta de amostras através do percentual representativo de cada material dentro da massa total coletada durante as campanhas.

O Gráfico 1 representa a soma dos resultados das seis amostras coletadas nas Pilhas 1 e 2, referentes ao material antes do processo de triagem:

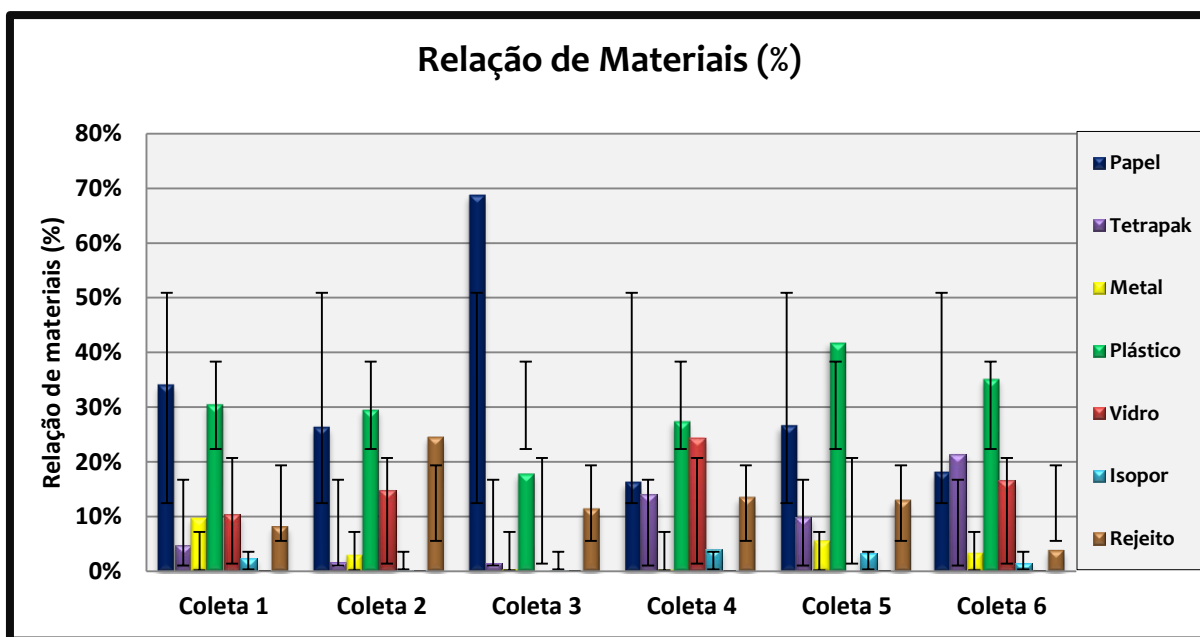
Gráfico 1 - Composição Gravimétrica dos resíduos nas Pilhas 1 e 2 (antes da triagem pela Cooperativa Coopere)



Como se pode observar nos resultados da composição gravimétrica, a tipologia de materiais recicláveis mais presente nas Pilhas 1 e 2 antes da triagem foi o Papel (32%), seguida pelos Plásticos (30%), Vidro (11%), Tetrapak (9%), Metal (4%) e Isopor (2%). Porém, na fração considerada rejeito foi apresentada uma representatividade significativa de 12 % dentro do total de massa coletada.

Através do **Gráfico 2** representa-se a composição gravimétrica nas Pilhas 1 e 2 antes da triagem em cada campanha realizada de forma individual.

Gráfico 2 - Distribuição de Materiais antes da triagem, por coleta/ Coleta (Pilha 1 + Pilha 2)



Ao se analisar o **Gráfico 2** pode-se observar que na Coleta 1, 2, 3 e 5 os materiais mais presentes antes da triagem nas Pilhas 1 e 2 foram o papel e o plástico. Já nas Coletas 4 e 6 esses resultados mostraram-se um pouco diferentes: enquanto na Coleta 4 os materiais mais presentes foram o plástico e o vidro, na Coleta 6 o que mais se observou foi o plástico e o material tipo Tetrapak.

Alguns desvios padrão observados nos resultados das seis campanhas contribuíram para que o resultado das amostras apresentasse um desvio padrão elevado. Na Campanha 3 a massa presente de papel apresentou praticamente o dobro do valor encontrado nas demais campanhas. Isso porque nesta etapa os resíduos estão ainda dispostos em sacos, e um dos sacos coletados continha exclusivamente uma grande quantidade de papel, conforme pode-se observar na Figura 19. O mesmo desvio foi encontrado para a fração de rejeito na Coleta 2, onde a fração de rejeito praticamente duplicou quando comparada às demais coletas.

Além disso, pode-se perceber, durante a coleta das amostras antes da triagem nas Pilhas 1 e 2, resíduos que foram segregados de forma incorreta na fonte geradora tais como: fraldas, restos de alimento, embalagem de pizza, preservativo, tecido, entre outros.

As figuras 20 à 24 representam alguns dos tipos dos materiais encontrados durante a coleta:

Figura 19 - Papel coletado na Campanha 3 antes do processo de triagem (Pilhas 1 e 2)



Figura 20 - Plásticos observados nas amostras antes do processo de triagem nas Pilhas 1 e 2



Figura 21 - Metais observados nas amostras antes da triagem nas Pilhas 1 e 2

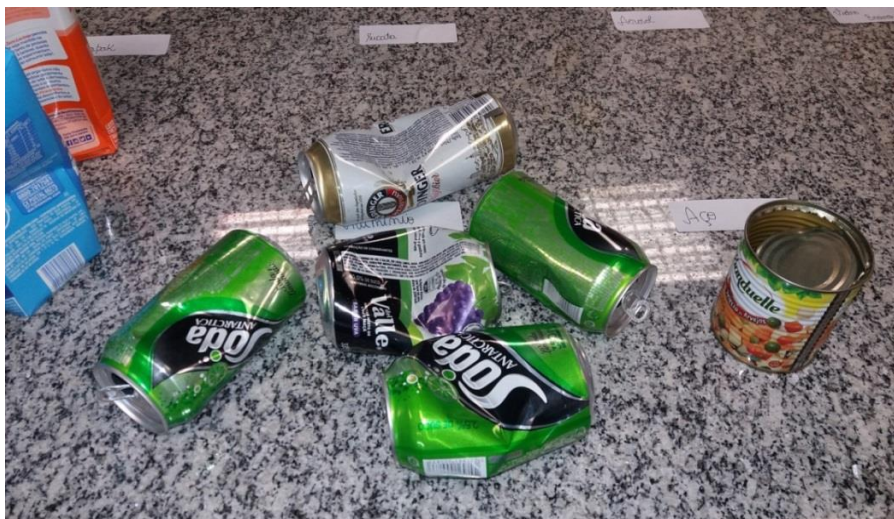
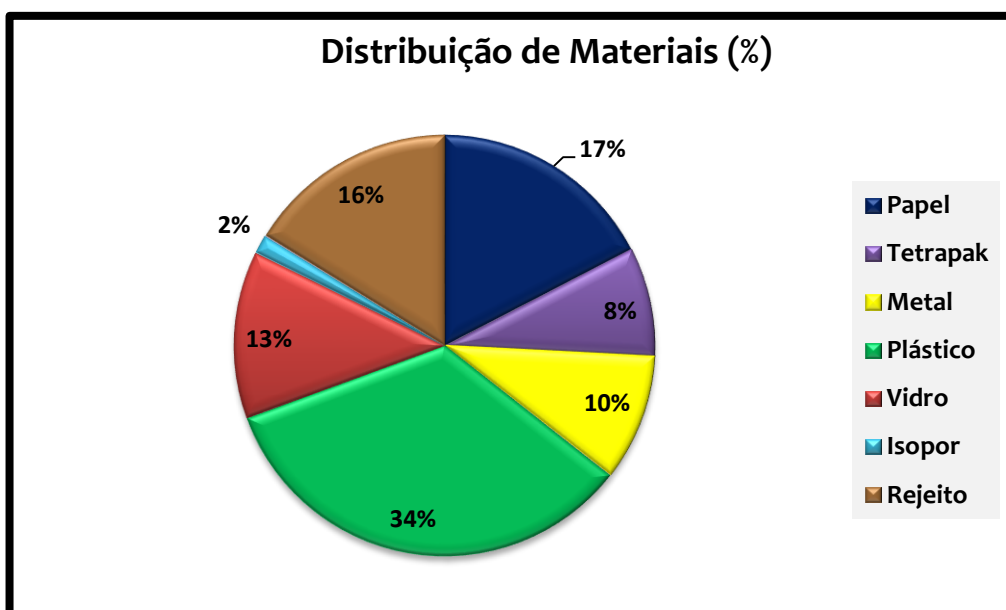


Figura 22 - Resíduos enviados incorretamente para a reciclagem, observados nas amostras antes da triagem nas Pilhas 1 e 2



Da mesma forma, o **Gráfico 3** apresenta a soma dos resultados das seis amostras coletadas nas Entradas 1 e 2 que alimentam as esteiras de triagem. Neste ponto, alguns dos sacos já foram rasgados a fim de facilitar a manipulação por parte dos catadores.

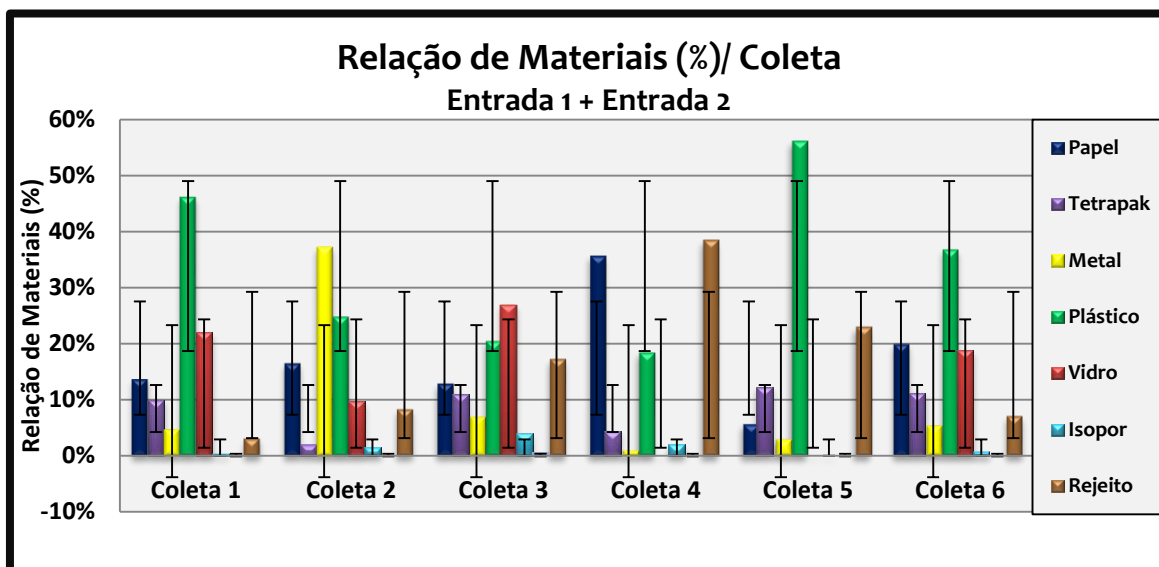
Gráfico 3 - Composição Gravimétrica das Entradas 1 e 2 (antes da triagem)



Nas amostras coletadas nestes pontos da cooperativa, observou-se que dos materiais houve maior concentração de Plástico (34%), Papel (17%), Vidro (13%), Metal (10%), Tetrapak (8%) e por fim Isopor (2%). A concentração de rejeito, quando comparada as Pilhas 1 e 2 aumentou de 12% para 16%.

Da mesma forma, o **Gráfico 4** apresenta a composição gravimétrica dos resíduos obtida em cada Campanha de Amostragem de forma individual.

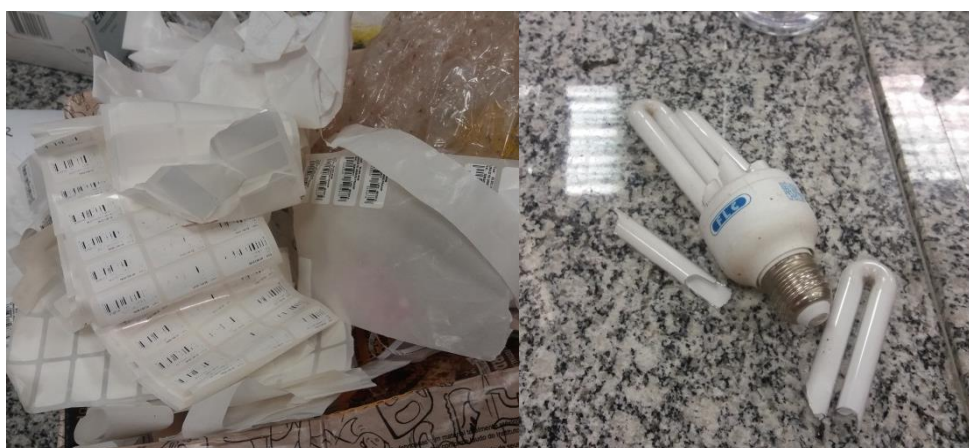
Gráfico 4 - Relação de Materiais por Coleta (Entradas 1 e 2)



Diferente do resultado observado nas Pilhas 1 e 2 antes do processo de triagem pela cooperativa, a composição gravimétrica em cada coleta das Entradas 1 e 2 antes do processo de triagem teve maior variação quando analisada a presença de cada material nas amostras. As Coletas 1, 5 e 6 por exemplo, apresentaram maior predominância de plásticos. Já a Coleta 2 indicou uma maior predominância de metais, enquanto que a Coleta 3 de vidros. Surpreendentemente, a fração que mais se destacou na Coleta 4 foi a de rejeito (38,37%).

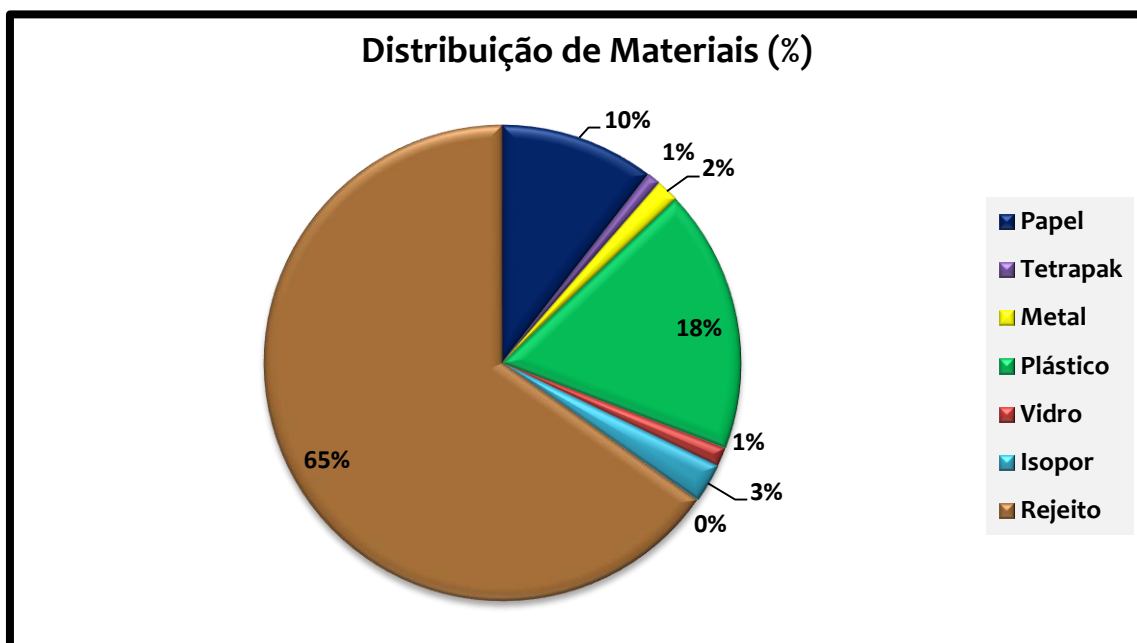
Assim como encontrado nas Pilhas 1 e 2, também percebeu-se a presença de materiais que não deveriam ter sido enviados para uma cooperativa tais como: lâmpada fluorescente e embalagens adesivas, como observado na Figura 23.

Figura 23 - Descarte incorreto de embalagens adesivas e lâmpada fluorescente



O **Gráfico 5** apresenta a soma dos resultados das seis amostras coletadas nas Saídas 1 e 2 das esteiras de triagem. Nestes dois pontos, os resíduos coletados são provenientes daquilo que não foi catado nas esteiras pelos cooperados.

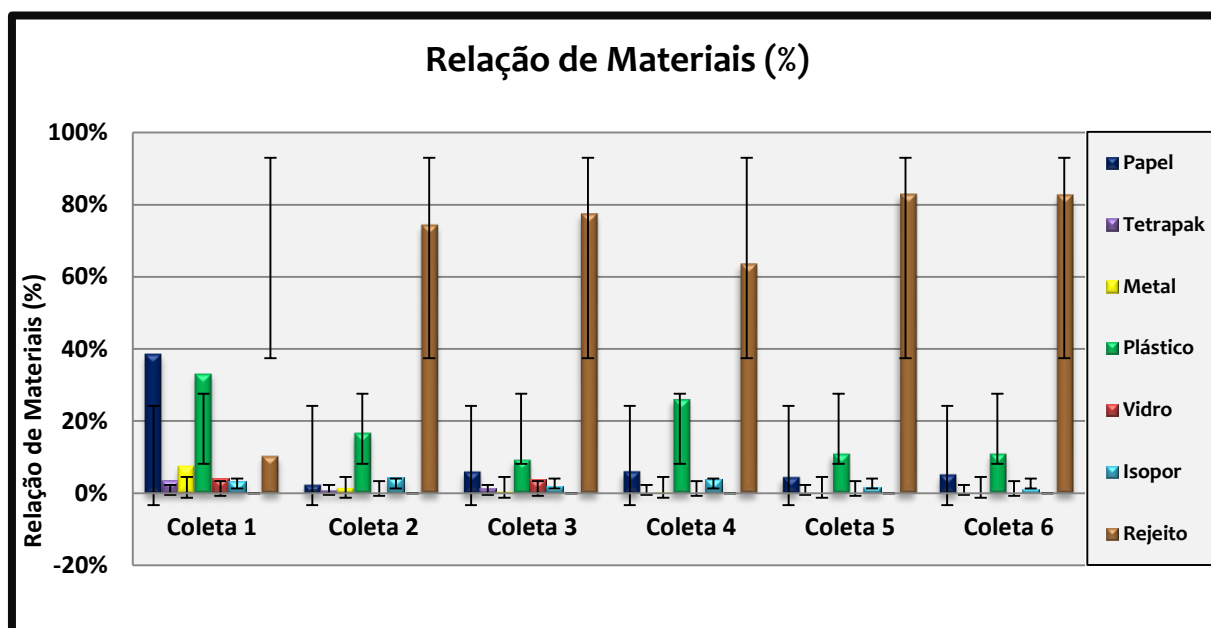
Gráfico 5 - Composição Gravimétrica dos das Saídas 1 e 2 (após triagem)



No gráfico 5 pode-se observar que 65% da composição gravimétrica deste ponto de coleta é rejeito. Apesar dos resíduos das amostras analisadas neste ponto de coleta já terem sido triados pelos cooperados, os resultados demonstram que aproximadamente 35% da composição gravimétrica ainda é composta por materiais que poderiam ser reciclados, sendo na ordem da maior fração para a menor: Plástico (18%), Papel (10%), Isopor (3%), Metal (2%), Tetrapak (1%) e Vidro (1%).

O **Gráfico 6** representa a composição gravimétrica obtida em cada Campanha de Amostragem de forma individual.

Gráfico 6 - Relação de Materiais na saída das esteiras, por coleta (Saídas 1 e 2)



No **Gráfico 6** pode-se observar que a única campanha em que o percentual de rejeito foi menor do que o de materiais reciclados foi a Coleta 1, sendo a fração mais significativa nas demais coletas. Uma hipótese para este resultado é de que, por algum motivo, houve baixa eficiência por parte dos cooperados durante a triagem deste dia, tais como absenteísmo ou alta demanda de material para triar. Outro ponto que se destaca neste gráfico é a presença significativa de plástico em todas as coletas analisadas.

A Figura 25 mostra a fração de rejeito separada. Já a Figura 24 indica a presença de alguns materiais identificados nas Saídas das esteiras 1 e 2 que poderiam ter sido encaminhados para a reciclagem, ao invés de serem considerados rejeitos.

Figura 24 - Plásticos coletados após o processo de triagem

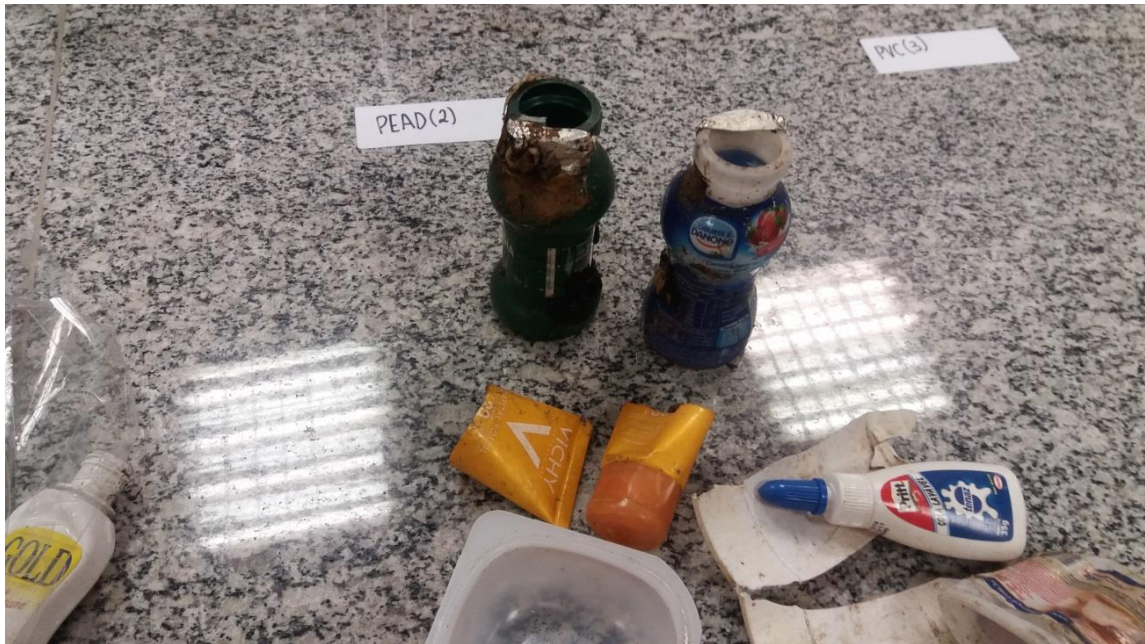
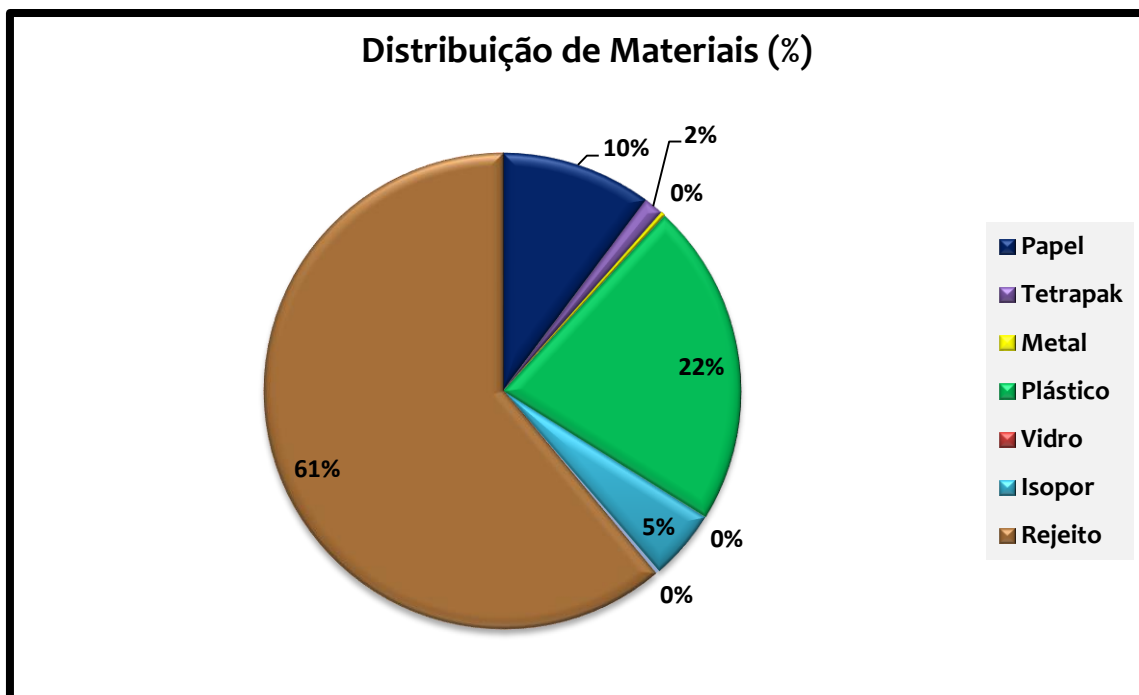


Figura 25 - Exemplo de rejeito encontrado nas amostras da Saída 1 e 2



O **Gráfico 7** apresenta a soma dos resultados das seis amostras coletadas na pilha de rejeito final. Este local é onde ocorre o acúmulo do rejeito das Saídas 1 e 2 até que se tenha uma quantidade suficiente para ser encaminhada ao aterro sanitário.

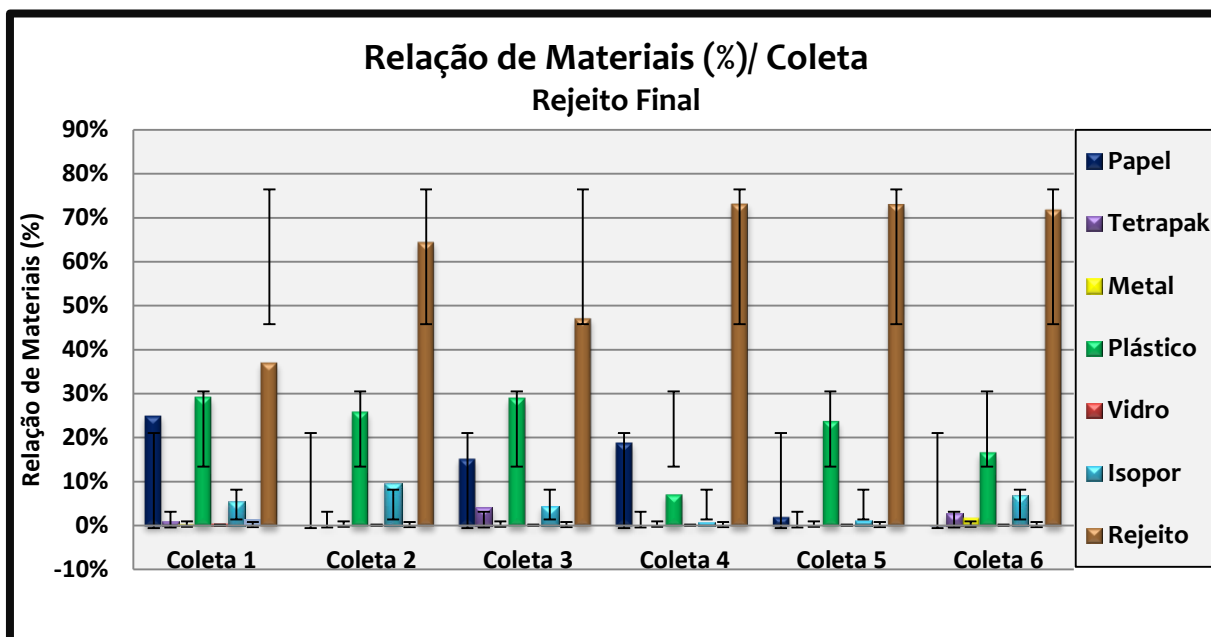
Gráfico 7 - Composição Gravimétrica do Rejeito Final



No Gráfico 7 pode-se observar que 61% da composição gravimétrica deste ponto de coleta é rejeito, percentual um pouco menor do que o encontrado nas amostras das Saídas 1 e 2. Do percentual da composição gravimétrica que é composta por materiais que poderiam ser reciclados, destacam-se o Plástico (22%), Papel (10%), Isopor (5%), Metal (2%), Tetrapak (2%) e Metal e Vidro juntos (1%), valores próximos aos encontrados nas amostras das Saídas 1 e 2.

O **Gráfico 8** apresenta a composição gravimétrica obtida em cada Campanha de Amostragem de forma individual.

Gráfico 8 - Relação de Materiais/ Coleta (Rejeito Final)



Para as amostras coletadas na pilha de Rejeito Final, em todas as coletas a fração de rejeito foi a maior identificada, seguida pelo plástico, papel e isopor. Novamente, pode-se perceber que a Coleta 1 foi a que apresentou menor quantidade de rejeito. O isopor, por sua vez, era um material que tinha presença pouco significativa nos demais pontos coletados e aqui começa a apresentar maior presença, principalmente na Coleta 2 (9,70%) e Coleta 6 (6,96%).

A Figura 26 demonstra um exemplo do que foi considerado rejeito de fato dentro da pilha total a ser enviada para o aterro sanitário.

Figura 26 - Fração de rejeito enviada ao aterro sanitário pela cooperativa Coopere

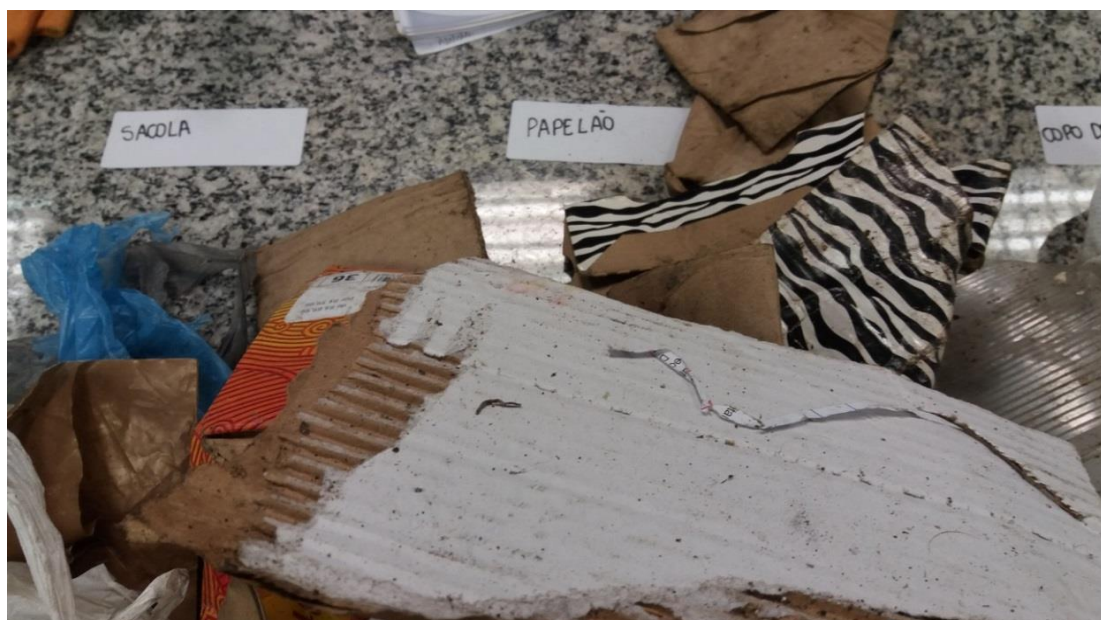


Já nas Figuras 27 e 28 pode-se observar alguns materiais identificados na pilha final que poderiam ter sido encaminhados para a reciclagem, ao invés de serem considerados rejeitos.

Figura 27 – Alumínio e vidro encontrados na pilha de rejeito final



Figura 28 - Papelão presente na Pilha de Rejeito Final



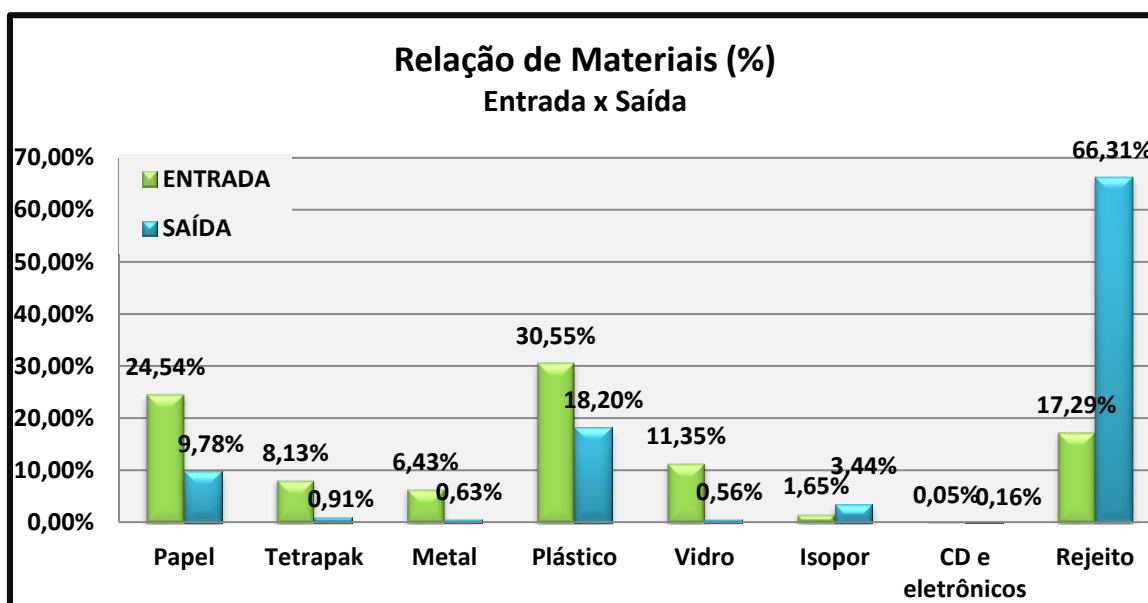
Na Figura 29, por sua vez, observa-se que alguns materiais encontrados na pilha final de rejeitos que não deveriam ter sido encaminhados para a Coleta Seletiva pela população.

Figura 29 - Bolsa e chinelo encontrados no Rejeito Final



A partir dos resultados obtidos nos quatro pontos de coleta, realizou-se um estudo para compreender a relação dos materiais que entram na cooperativa – somatória dos valores das Pilhas 1 e 2 e das Entradas 1 e 2 – com a relação dos materiais que saem da cooperativa como rejeito para o aterro – somatória dos valores das Saídas 1 e 2 e da pilha de rejeito final. Com base nisso foi elaborado o **Gráfico 9**.

Gráfico 9 - Relação de Materiais - Entrada (antes do processo de triagem) x Saída (após processo de triagem)



Através dos resultados das análises pode-se observar que 33,69% dos materiais presentes no rejeito final do processo de triagem, que é destinado para aterros sanitários poderiam ainda ser reciclados.

Os resultados do **Gráfico 9** demonstram a caracterização gravimétrica dos resíduos que chegam à cooperativa Coopere através do Programa de Coleta Seletiva sendo: papel e papelão – 24,54%, Tetrapak – 8,13%, Metal – 6,43%, plástico – 30,55%, vidro – 11,35%, isopor – 1,65%, CD e eletrônicos – 0,05% e rejeito 17,29%. Um resultado similar foi encontrado para o Programa de Coleta Seletiva de todo o município de Santo André sendo a composição gravimétrica composta por: papel e papelão – 40%, plásticos – 26%, tetrapak – 5%, metal – 4%, vidro – 7% e rejeito – 18% (Santo André, 2008). Nota-se que apesar da proporção de materiais recicláveis variar, a proporção de rejeito recebida nas duas situações possuem valores bem próximos (Cornieri, 2011).

A Taxa de Rejeito (TR) dos resíduos provenientes da Coleta Seletiva que chegam à cooperativa é de 17,2%, enquanto que a TR dos resíduos que são encaminhados para os aterros sanitários é de 66,3%. Um processo eficiente da Coleta Seletiva na Subprefeitura da Sé resultaria em uma diminuição da TR na entrada do processo da cooperativa Coopere. Por outro lado, um processo mais eficiente durante a triagem por parte da cooperativa Coopere resultaria no aumento da TR no rejeito final encaminhado para o aterro sanitário. Quanto maior for a eficiência desses

processos (Coleta Seletiva e Triagem), maior é a efetividade do gerenciamento municipal de resíduos.

Um resultado similar foi encontrado por Cornieri (2011), ao analisar a eficiência da implantação do Programa de Coleta Seletiva no município de Santo André. Apesar de ser um dos primeiros programas de coleta seletiva do país a atender 100% da área urbana, os resultados alcançados pelo programa mostram que não há eficiência, uma vez que apenas 3% do resíduo gerado é encaminhado para a coleta seletiva e que a taxa de rejeito é estimada em 67%.

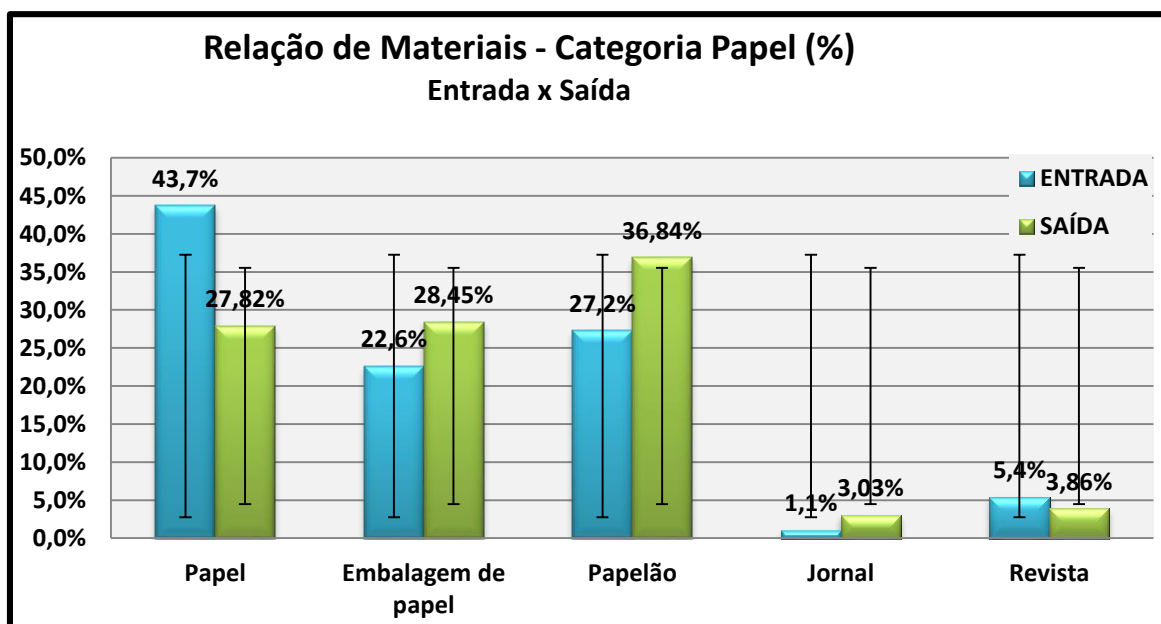
Moreira (2017) cita em seu trabalho que variações de rejeito dependem de diferentes fatores como nível de conscientização da população e eficácia das campanhas; do rendimento operacional dos catadores; das condições do mercado para assimilar os materiais triados; do reaproveitamento de novos materiais 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.

Em São Paulo, foi observado que quando a coleta é feita pelos próprios catadores, o índice de rejeito é mais baixo, em geral menor que 10%. Quando é realizada por caminhões compactadores contratados pela Prefeitura, passam para 30-40%. Em alguns casos esse índice chega a 60% do material coletado, o que representa grande impacto ambiental e econômico (despesas com transporte e disposição final) e reduz significativamente o ganho por horas trabalhadas, já que esta parcela não tem valor de mercado (Moreira, 2017). Apesar dos materiais das categorias Papel e Plástico apresentarem percentual menor na saída do processo da cooperativa quando comparados com os valores de entrada, a presença deles no rejeito final é significativa, apontando uma baixa eficiência da reciclagem destes tipos de materiais durante a triagem. As categorias de Metal, embalagem tipo Tetrapak e Vidro apresentaram percentagens menos significantes no rejeito final, resultando em uma maior eficiência na triagem destes materiais. O isopor por sua vez apresenta um resultado bastante peculiar, pois, apesar de ser um material leve e contribuir com uma percentagem pequena quando comparado com os valores dos demais materiais, ele apresenta um valor maior na saída do processo de triagem do que na entrada, significando que este material quase não é separado durante a triagem, apesar da possibilidade de reciclagem.

É importante frisar que, a reciclagem do isopor apesar de possível, ainda é um processo dificultoso. Além disso, o isopor é um material de baixíssima densidade, o que significa que ocupa grande volume com uma massa pequena. Como a cooperativa vende o material triado por peso, este pode ser outro fator que desestimula a triagem deste material. Por outro lado, a ida deste material para aterros sanitários é bastante prejudicial, pois é um material que demora anos para se degradar e que ocupa um volume muito grande do aterro, diminuindo a sua vida útil.

Quando detalha-se a categoria “papel” para compreender quais tipos de materiais desta categoria que contribuem para a alta saída desta categoria no rejeito final, observa-se que a saída das embalagens de papel, papelão e jornal são maiores do que os valores encontrados na entrada. Logo, são estes os que possuem maior contribuição para o rejeito final, conforme observado no **Gráfico 10**.

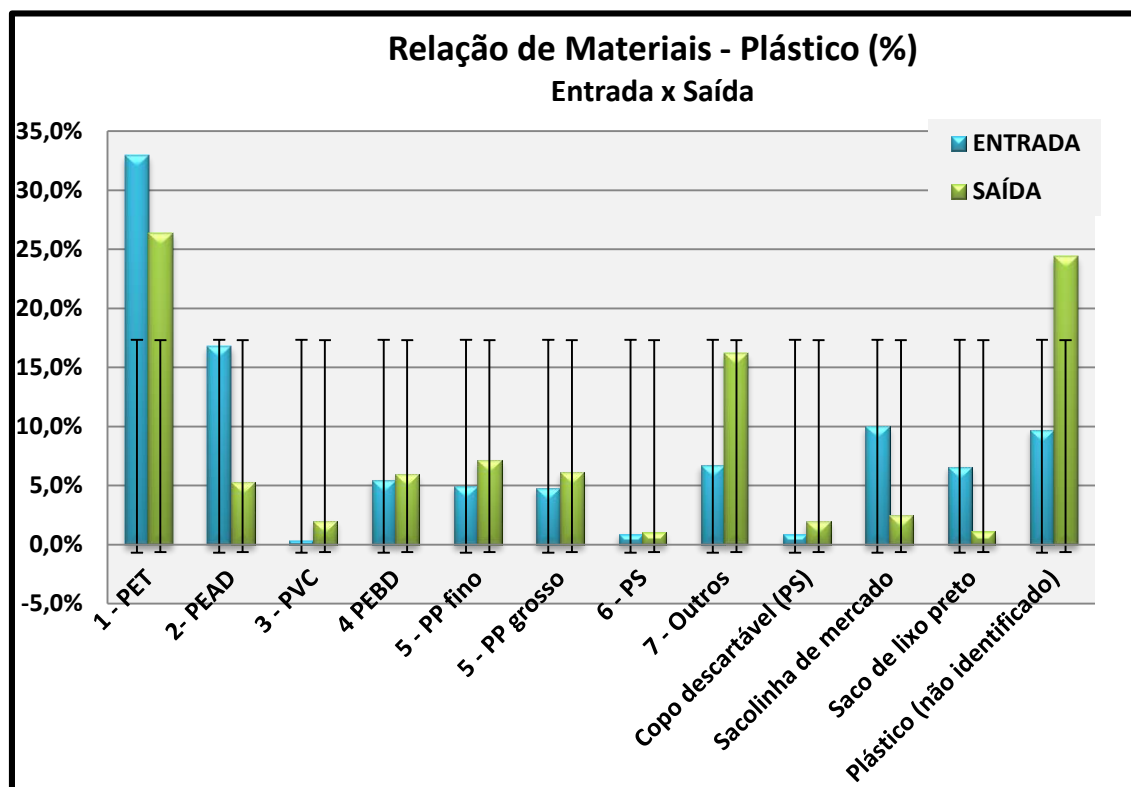
Gráfico 10 - Relação de Materiais - Categoria Papel (Entrada x Saída)



Ao realizar a mesma comparação com os plásticos, conforme apresentado no **Gráfico 11**, pode-se observar que existe maior predominância dos tipos de polímeros: PEBD, PVC, PP, Outros e os de Plásticos não identificados na saída quando comparados com a entrada, indicando que estas tipologias são menos interessantes de serem recicladas do que as demais, tais como o PET e o PEAD. Outro ponto de observação é que os plásticos que não possuíam o rótulo de sua tipologia na embalagem - e classificados nesta pesquisa como “não identificados” – possuem um

percentual altíssimo de saída. Uma hipótese a ser considerada é de que a falta de rótulo dificulta a identificação do material por parte dos cooperados, principalmente dos polímeros menos comuns e, por falta de compreensão, este material que poderia ser reciclado acaba indo para o rejeito final.

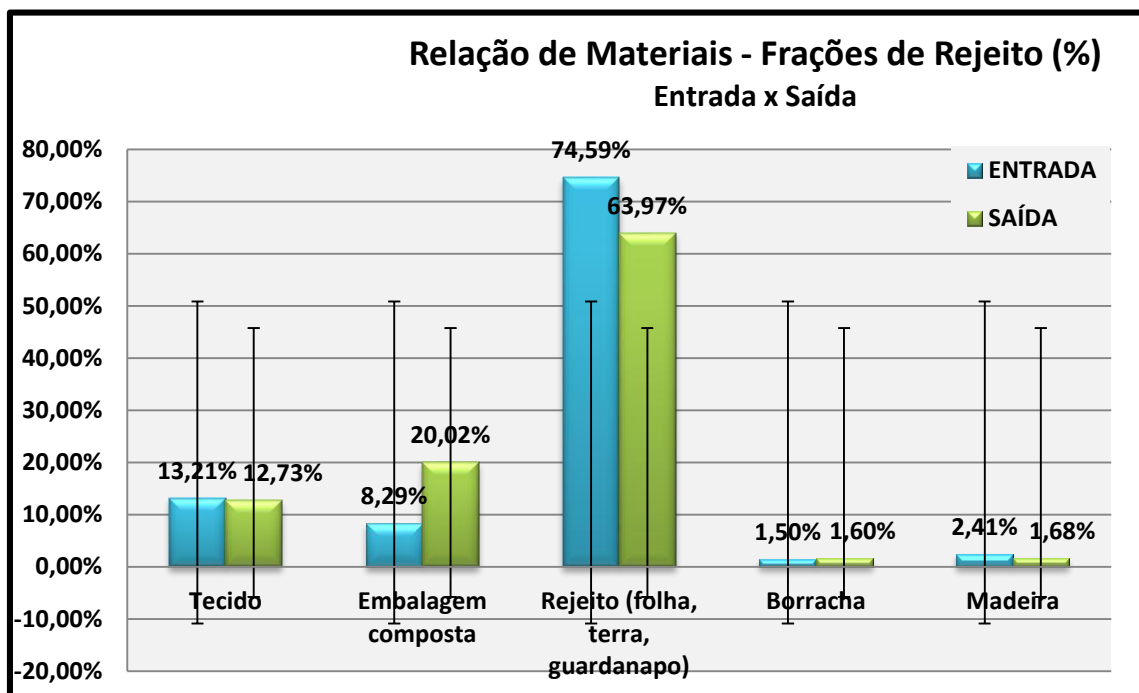
Gráfico 11 - Relação de Materiais - Plástico (Entrada x Saída)



Por fim, ao se analisar do que é composto o rejeito final do processo de triagem no **Gráfico 12**, observa-se a presença de materiais que não deveriam estar sendo encaminhados pela população para a Coleta Seletiva, tais como: tecido, objetos antigos (fita k7, sacola de feira, bonés), madeira, borracha e outros.

As embalagens compostas por mais de um tipo de material também foram consideradas como rejeito para esta pesquisa (ex.: embalagens compostas por plástico e papel). Isto porque, quando estes materiais são separados, eles são possíveis de serem reciclados mas quando agregados não. Em um processo de triagem por esteira onde o tempo para catação de cada material é pequeno, estes materiais acabam não sendo separados e estas embalagens acabam sendo consideradas como rejeito.

Gráfico 12 - Relação de Materiais - Gerações de Rejeito (Entrada x Saída)



Com base nestes resultados, conclui-se que há considerável percentual de material reciclável, tanto na saída de rejeito na esteira, quanto na pilha de rejeito final e que pode ser justificada com as seguintes hipóteses: a) os materiais enviados pelos munícipes à coleta seletiva não foram higienizados adequadamente para o processo de reciclagem; b) existe falta de informação aos munícipes dos resíduos que podem ou não ser reciclados; c) os munícipes não realizam a segregação adequada na fonte, misturando materiais que deveriam ir para a coleta regular por falta de responsabilidade ambiental; d) baixa eficiência no processo de segregação da esteira pelos cooperados; e) falta de treinamento dos cooperados a respeito dos materiais a serem reciclados; f) alguns materiais possuem tecnologias para serem reciclados, mas não possuem viabilidade econômica; g) a cooperativa não comporta a quantidade de material reciclado recebido; h) a exposição do resíduo da coleta seletiva a intempéries antes do processo de triagem acaba por aumentar a quantidade de rejeito.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa foi possível concluir que a composição gravimétrica dos resíduos destinados para a Coleta Seletiva na Região Central do Município de São Paulo é composto por: Plástico, (30,6%), Papel (24,6%), Tetrapak (8,1%), Metal (6,4%), Vidro (11,4%), Isopor (1,7%), CD e eletrônicos (0,05%) e Rejeito (17,3%).

Já a composição gravimétrica do rejeito gerado após o processo de triagem pelos catadores da cooperativa Coopere é de: Rejeito (66,3%), Plástico (18,2%), Papel (9,8), Isopor (3,4%), Tetrapak (0,9%), Metal (0,6%), Vidro (0,6%) e CD e eletrônicos (0,2%).

A porcentagem observada para a presença de alguns tipos específicos de plástico (PVC, PEBD, PP, PS, Outros e os não identificados) e também do isopor levantam a hipótese de que, apesar de recicláveis, nem todos os materiais possuem viabilidade econômica para serem reciclados, além de possuírem “contaminação cruzada”. Além disso, os cooperados podem ter dificuldade de identificar em qual categoria aquele polímero se enquadra pela falta de identificação em embalagens menos usuais.

A Taxa de Rejeito (TR) dos resíduos provenientes da Coleta Seletiva que chegam à cooperativa é de 17,2%, enquanto que a TR dos resíduos que são encaminhados para os aterros sanitários é de 66,3%. Um processo eficiente de segregação na fonte geradora do resíduo encaminhado para a Coleta Seletiva na Subprefeitura da Sé resultaria em diminuição da TR na entrada do processo da cooperativa Coopere. Por outro lado, um processo mais eficiente durante a triagem por parte da cooperativa Coopere resultaria no aumento da TR no rejeito final encaminhado para o aterro sanitário. Quanto maior for a eficiência dessas etapas forem (Coleta Seletiva e Triagem), maior será a efetividade do gerenciamento municipal de resíduos.

Algumas hipóteses foram assumidas como premissas para justificar a Taxa de Rejeito (TR) identificada neste trabalho: a) materiais enviados pelos munícipes à coleta seletiva não foram higienizados adequadamente para o processo de reciclagem; b) existe falta de informação aos munícipes dos resíduos que podem ou não ser reciclados; c) os munícipes não realizam a segregação adequada na fonte, misturando materiais que deveriam ir para a coleta regular por falta de

responsabilidade ambiental; d) baixa eficiência no processo de segregação da esteira pelos cooperados; e) falta de treinamento dos cooperados a respeito dos materiais a serem reciclados; f) alguns materiais possuem tecnologias para serem reciclados, mas não possuem viabilidade econômica; ; g) a cooperativa não comporta a quantidade de material reciclado recebido; h) a exposição do resíduo da coleta seletiva a intempéries antes do processo de triagem acaba por aumentar a quantidade de rejeito.

Com base nesta pesquisa pode-se concluir que a gestão do Programa de Coleta Seletiva na Região Central do Município de São Paulo precisa ser melhorada. Isso só será possível por meio de um trabalho de conscientização da população a respeito da importância da Coleta Seletiva e de quais materiais são passíveis de reciclagem. Também percebe-se a importância de uma gestão municipal mais próxima às cooperativas, para que estas possam melhorar a eficiência do seu processo de triagem.

É importante ressaltar que, dentro do escopo de pesquisa, foram analisados somente os resíduos destinados à Coleta Seletiva. Com base na TR obtida, podemos concluir que a segregação na fonte (municípios) deve melhorar. Logo, é muito provável que boa parte dos resíduos passíveis de serem reciclados gerados na região estejam sendo encaminhados diretamente para a Coleta Pública Regular e destinados diretamente aos aterros sanitários. Existe também a possibilidade da não aderência da totalidade da população ao Programa de Coleta Seletiva Municipal. Este levantamento não foi abordado dentro de escopo de pesquisa, mas seria de extrema importância para a caracterização total do resíduo gerado na Região Central do Município de São Paulo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. São Paulo, SP: Abrelpe, 2015. 120 p.

Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. São Paulo, Sp: Abrelpe, 2016. 92 p.

Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 01 de maio 2017.

BESEN, Gina Rizpah; RIBEIRO, Helena; GÜNTGHER, Wanda Maria Risso; JACOBI, Pedro Roberto. **Selective waste collection in the São Paulo Metropolitan Region: impacts of the National Solid Waste Policy**. São Paulo, Ambiente e Sociedade, n. 3, p.253-272, jul-set. 2014.

BESEN, Gina Rizpah; RIBEIRO, Helena. **Programas municipais de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores na Região Metropolitana de São Paulo: Desafios e perspectivas**. 2006. 207 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Saúde Pública, Universidade de Sao Paulo, São Paulo, 2006.

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.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>.

Acesso em: 25 abr. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 22 out. 2014.

BRINGHENTI, Jacqueline. **Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos: Aspectos Operacionais da participação da população**. Tese de doutorado do Programa de Saúde Pública. Universidade de São Paulo. 2004

CARVALHO, E.M.F.D.B. **Metodologias para a quantificação e caracterização física dos resíduos sólidos urbanos**. 2005. 341 p. Tese de Mestrado em Engenharia Sanitaria - Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2005.

CORNIERI, Marina Gonzalbo. **Programa Municipal de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos em Santo André – SP: Um estudo a partir do ciclo da política**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo. 2016

GRAZDANI, Dorina. **Assessing the variables affecting on the rate of solid waste generation and recycling: An empirical analysis in Prespa Park**. Waste Management, 48. 3-13, 2016.

GOTZE, Ramona; BONDRIN, Alessio; SCHEUTZ, Charlotte, ASTRUP, Thomas Fruergaad. **Physico-chemical characterisation of material fractions in household waste: Overview of data in literature**. Dinamarca, Waste Management, 49, p.3-14, 2016.

GUTBERLET, J.. **Cooperative urban mining in Brazil: Collective practices in selective household waste collection and recycling**. Canada. Waste Management, 45, p. 22-31. 2015.

GUTIERREZ, Andrea Carolina Gomes. **Caracterização da Fração Combustível de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) Úmidos do Município de Santo André visando seu aproveitamento energético por processo de combustão.** Santo André. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do ABC. 2016.

HABITZREUTER, Milena Tomasini. **Análise da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) da Região de Santa Maria, pré e pós triagem.** Rio Grande do Sul. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008

IPEA - Instituto de Pesquisas Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos.** Brasília, Brasil: Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2012. 74 p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em: 22 out. 2014.

INSTITUTO ETHOS. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: Desafios e Oportunidades para as Empresas.** São Paulo: Designing, 2012. p.72 Disponível em: <https://www3.ethos.org.br/wp-content/uploads/2012/08/Publicação-Residuos-Solidos_Desafios-e-Oportunidades_Web_30Ago12.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2015.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade.** Estudos Avançados, São Paulo, v. 25, p.135-158, fev. 2011.

KARAK, T.; BHAGAT, R. M.; BHATTACHARYYA, P. **Municipal solid waste generation, composition, and management: The world scenario.** Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 42, n. 15, p. 1509-1630, 2012.

KHAN, D.; KUMAR A.; SAMADDER S.R.. **Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate.** Índia. Waste Management, 49. 15-25, 2016.

MARQUES, Michel F.R, et. Al. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos do aterro sanitária do município de Marabá.** 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano Nacional de Resíduos Sólidos.** Versão preliminar para consulta pública. Brasília: MMA, 2011. Disponível em:
<> Acesso em: 15 jul. 2016.

MORENO, Alfonso Duran et. al. **Mexico City's Municipal Solid Waste Characteristics and Composition Analysis.** México. Revista Internacional de Contaminação Ambiental, 29, p.39-46, 2013.

MOREIRA, Ana Maria Maniero. **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.

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>.

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.

PREFEITURA DE SÃO PAULO (Município). Constituição (2013). **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na Cidade de São Paulo.** Disponível em:
<<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2016.

SAHIMAA, Olli et. Al. **Method for residual household waste composition.** Waste Management, 46, p. 3-14, 2015

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo. Agência Municipal de Limpeza Urbana. **Coleta de lixo**. 2017. Disponível em: <<http://www.capital.sp.gov.br/portal/>>. Acesso em: 01 maio 2017.

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo. Pmsp. **4ª Conferência Nacional do Meio Ambiente - CNMA: Resíduos Sólidos 2013**. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/conferencia_meio_ambiente/arquivos/4a_CNMA_eixos.pdf>. Acesso em: 20 set. 2015.

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

ZAMAN, A.U., 2015. **A Comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines**. J. Clean. Prod. 91, 12-25.