



**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

DAIANE WESTHPAL PADILHA

**ORGANIZAÇÃO DO LEIAUTE E DO FLUXO PRODUTIVO DE EMPRESA DE
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E
ELETRÔNICOS**

São Leopoldo

2017

DAIANE WESTHPAL PADILHA

ORGANIZAÇÃO DO LEIAUTE E DO FLUXO PRODUTIVO DE EMPRESA DE
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E
ELETRÔNICOS

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos–UNISINOS

Orientador: Prof^a Dr^a Luciana Paulo Gomes

São Leopoldo

2017

P123o

Padilha, Daiane Westhpal.

Organização do leiaute e do fluxo produtivo de empresa de gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos / Daiane Westhpal Padilha. – 2017.

177 f. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2017.

“Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luciana Paulo Gomes”.

1. Gestão integrada de resíduos sólidos. 2. Redução de resíduos. 3. Resíduos industriais – Aspectos ambientais. 4. Aparelhos e materiais elétricos. 5. Aparelhos e materiais eletrônicos. I. Título.

CDU 628.5

]Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecária: Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252)

A dissertação de mestrado

**“ORGANIZAÇÃO DO LEIAUTE E DO FLUXO PRODUTIVO DE EMPRESA DE GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS”**

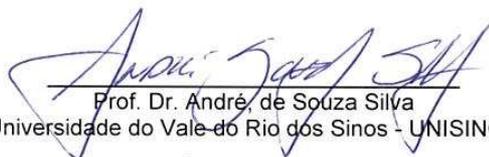
apresentada por **Daiane Westhpal Padilha**

foi julgada e aprovada como atendimento parcial aos requisitos para a obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL pela seguinte banca examinadora:



Profa. Dra. Luciana Paulo Gomes
Orientadora e Presidente da Banca Examinadora
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS



Prof. Dr. André de Souza Silva
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS



Prof. Dr. Luís Alcides Schiavo Miranda
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

São Leopoldo, 23 de fevereiro de 2017.

Dedico a todas as pessoas que me apoiaram
nesta caminhada, de forma especial aos meus
pais, Mario e Zilda.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que por intercessão de Nossa Senhora de Fátima que atendeu as minhas preces, concedendo-me a oportunidade de realizar o mestrado com serenidade, saúde e alegria. E, aos órgãos de fomento CAPES - PROSUP pela concessão da bolsa de estudos que viabilizaram este sonho.

Aos meus amados pais, Mario Jesus Padilha e Zilda Westphal Padilha, pelo amor e apoio incondicional. À Missy que foi a minha fiel companheira todos os dias e noites de estudos. Aos meus irmãos, cunhadas e amigos (as) que compreenderam e respeitaram a minha ausência em muitos momentos e pelas energias positivas.

A minha orientadora, Prof^a Dr^a Luciana Paulo Gomes pelas contribuições e por ter me acolhido como integrante da sua equipe no Laboratório Saneamento Ambiental, permitindo-me ampliar meus conhecimentos. Obrigado, pela confiança, compreensão nos momentos difíceis, o tempo em que convivemos foi o suficiente para perceber o quanto tens um coração justo e generoso, minha eterna admiração e respeito por quem és.

Aos representantes legais da Otser, Marcus Palma e Jeferson W. Messa, que aceitaram o convite abrindo a sua empresa para que pudéssemos desenvolver a nossa pesquisa, acreditaram na importância desta para a sociedade e disseminação do tema, resíduos eletroeletrônicos. Obrigado, pelas informações, esclarecimentos, paciência e cordialidade em todos os momentos.

Aos professores Dr^o André de Souza Silva e Dr^o Luís Alcides Schiavo Miranda por aceitarem o convite para participarem deste momento e pelas contribuições sugeridas. Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) que contribuíram para o desenvolvimento e formação acadêmica neste período. Ao prof. Dr^o Adalberto da Rocha Heck e pela oportunidade de realizar o estágio de docência junto ao Curso de Arquitetura e Urbanismo – UNISINOS. E, ao prof^o Ms Luís Fernando da Luz que me orientou durante o estágio de docência, permitindo-me vivenciar as diversidades e o encanto da docência. A você, minha eterna gratidão pelos ensinamentos durante todas as quartas-feiras de 2016 em que compartilhamos a sala de aula, os cafés, as conversas, a motivação e o otimismo. E, também a funcionária Simone Trisch Kaefer pela solicitude quando requisitada.

Aos Ms Claudia Kohl, Ms. Vinicius Marques e Ms Carol Lobato, Ms. Michele Goulart, pela paciência, conhecimento compartilhado e auxílio em algumas atividades

acadêmicas. Aos colegas e amigos (as) que o mestrado me proporcionou, Flávio Folletto, Ieda Fagundes, Isabela R. da Silva, Jalir Rabello, Marlucci Souza, e aos bolsistas de iniciação científica: Luciano, Giovana, Aline, Guilherme, Bruna, Lilian, Geane, e a todos os outros que conviveram comigo durante este tempo, compartilhando experiências, almoços, lanchinhos, chimarrões, piadas, apelidos e palavras de motivação e carinho.

E, em especial minha gratidão e carinho à Aimée Reis da Silva, com quem convivi diariamente e pacientemente me ensinou sobre as práticas do laboratório, fomos companheiras em diversas atividades, desde lavar vidraria às caminhadas até a ETE. Mas principalmente porque compartilhamos nossos sonhos, angústias, doces, almoços, abraços, muitas conversas, dentre elas, algumas exóticas e também muitos risos.

Meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para que o sonho se tornasse realidade.

“É o cuidado que você dedicou a sua rosa que a faz tão especial”.

Antoine de Saint-Exupéry

FONTES DE FINANCIAMENTO DA PESQUISA

**Ministério da
Ciência e Tecnologia**



Ministério da Ciência e Tecnologia



Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP



Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico – CAPES
Programa de Suporte à Pós-graduação de
Instituições de Ensino Particulares – PROSUP

RESUMO

PADILHA, Daiane Westphal. **Organização do leiaute e do fluxo produtivo de empresa de gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos**. São Leopoldo, 2017. 177 de folhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -- Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo, 2017.

O objetivo da pesquisa foi analisar as formas de gerenciamento implementadas na empresa, estudo de caso, que executava a desmontagem, descaracterização e tratamento de REEE no Vale do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul. Para o desenvolvimento deste estudo foi necessário organizar, complementar e analisar os dados disponibilizados pela empresa para atender os objetivos específicos relativo ao mapeamento da cadeia pós-consumo relacionada à empresa, para o balanço de massa da empresa. Enquanto que para propor melhorias no leiaute e no fluxo produtivo fez-se medições no prédio e análises no local para depois aplicar a metodologia de Muther (1978). Ao mapear a cadeia de pós-consumo relacionada à empresa identificou-se que 75% dos geradores que descartam REEE junto a empresa estavam localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS) concentrando-se nos municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo com 52% e 14% do total de resíduos, respectivamente. As atividades econômicas que mais geraram resíduos, dentre os encaminhados para a empresa foram as relativas a indústria de transformação e comércio com representatividade acima de 25%. Ao efetuar o balanço de massa da empresa verificou-se que foram recolhidos 88% de REEE, 9% de resíduos classe II B – não perigosos - inerte e 2% de resíduos classe I - perigosos. Após a segregação dos resíduos verificou-se que a empresa expediu 71% de resíduos classe II B, 26% de REEE saíram inteiros (sem desmontagem) e 3% foram de resíduo classe I. Dentre os REEE, verificou-se que as linhas marrom (11%) e verde (83%) foram as mais representativa, assim como o metal (84%) foi entre os resíduos classe II B o que apresentou maior quantidade dentre os descartados na empresa. Após a segregação dos REEE houve acréscimo de 470% nos resíduos classe II B. Por meio da metodologia SLP (*Systematic Layout Planning* ou Sistema de Planejamento de Leiaute), fez-se a reorganização do fluxo produtivo e uma proposta de melhorias para o leiaute da empresa, para o qual foi obtido acréscimos nas áreas de armazenamentos de 17% para os REEE, 16% para os resíduos classe II B, 215% para os televisores e monitores. Conclui-se, desta forma, que a metodologia utilizada neste estudo foi adequada no desenvolvimento de melhorias de leiautes da empresa, já que foi possível demonstrar que com a reorganização das áreas internas obteve-se um melhor fluxo no processo produtivo. Palavras-chave: Gestão de resíduos, REEE. Leiaute. SLP.

ABSTRACT

PADILHA, Daiane Westphal. **Organization of layout and production flow of waste management company of electrical and electronic equipment.** São Leopoldo, 2017. 177 sheets. Dissertation (Master Degree in Civil Engineering) -- Postgraduate Civil Engineering Program, Unisinos, São Leopoldo.

The objective of this research was to analyze the implemented management forms in the company, case study, which carried out the disassembly, decharacterization and treatment of WEEE in Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul. For the development of this study it was necessary to organize, complement and analyze the data segregation of provided by the company. To meet the specific objectives related to mapping of the post-consumer chain related to the company, to the company's mass balance. While in order to propose improvements in the layout and productive flow, measurements were taken in the building and on-site analyzes to later apply Muther's methodology (1978). When mapping the company's post-consumer chain, it was identified that 75% of the generators that dispose WEEE with the company were located in the Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS), focused in the cities of Novo Hamburgo and São Leopoldo with 52 % and 14% of total waste, respectively. The economic activities that generated the most waste, among those sent to the company were those related to the manufacturing and trade industry, with a share of more than 25%. When company's mass balance was performed, it was identified 88% of WEEE, 9% of class II B waste - non-hazardous - inert and 2% of class I hazardous waste were collected. After the residue segregation, it was verified that the company shipped 71% of class II B waste, 26% of WEEE were left intact (without disassembly) and 3% were waste class I. Among the WEEE, it was found that brown (11%) and green (83%) lines were the most representative, as metal (84%) was among class II B residues, which presented the highest amount among the discarded items by the company. After the WEEE's segregation, there was an increase of 470% in class II B waste. Through the Systematic Layout Planning (SLP) methodology, a reorganization of the production flow and a proposal for improvements were made to the company's layout, for which increases were achieved in the storage areas of 17% for WEEE, 16% for Class II B waste, 215% for televisions and screen monitors. It is concluded that the methodology used in this study was suitable for the development of improvements of company layouts, since it was possible to demonstrate that with the reorganization of the internal areas a better flow in the productive process was obtained. Keywords: Waste management. WEEE. Layout. SLP.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 – Mapa mundial de geração de REEE | 29 |
| Figura 2 - Classificação comercial dos EEE | 35 |
| Figura 3 – Materiais que compõe os REEE (%)..... | 38 |
| Figura 4 – Destino dos REEE de informática e celulares no Brasil (%)..... | 40 |
| Figura 5 - Práticas de descarte de REEE (%) | 41 |
| Figura 6 – Prioridade de ação do gerenciamento | 43 |
| Figura 7 – Identificação da cadeia de reciclagem de REEE..... | 45 |
| Figura 8 – Fluxo dos REEE, segundo um grupo de interesse | 45 |
| Figura 9 – Fluxo da cadeia de pós-consumo | 46 |
| Figura 10 – Etapas do gerenciamento..... | 47 |
| Figura 11 – Esquema de triagem de celulares e pequenos eletrodomésticos | 49 |
| Figura 12 – Fluxo de triagem de computadores | 49 |
| Figura 13 – Distribuição de recicladoras de REEE no Brasil..... | 57 |
| Figura 14 – Etapas do planejamento do leiaute | 59 |
| Figura 15 – Etapas do planejamento de instalações | 60 |
| Figura 16 – Relações volume, variedade e leiaute | 62 |
| Figura 17 – Relação entre o tipo de processos e tipos de leiaute | 65 |
| Figura 18 - Etapas do planejamento por SLP | 67 |
| Figura 19 – Carta de inter-relações preferências | 69 |
| Figura 20 – Construção do Diagrama de relacionamento e leiaute inicial..... | 70 |
| Figura 21 – Fluxo do CEDIR | 73 |
| Figura 22 – Estrutura da pesquisa..... | 76 |
| Figura 23 – Mapa de localização do município de Campo Bom..... | 77 |
| Figura 24 – Mapa de situação da Otser no município de Campo Bom..... | 78 |
| Figura 25 – Fluxograma da metodologia para atender o objetivo 1 | 80 |
| Figura 26 – Fluxograma da metodologia para atender o objetivo 2..... | 88 |
| Figura 27 – Fluxograma da metodologia para atender o objetivo 3..... | 94 |
| Figura 28 – Modelo do diagrama P-Q..... | 96 |
| Figura 29 – Número de geradores de REEE que descartaram resíduos na empresa..... | 103 |
| Figura 30 – Número de Geradores de REEE na BHRS segundo a classificação CNAE..... | 104 |
| Figura 31 – Classificação dos geradores da BHRS (unidades) | 104 |
| Figura 32 – Setores da sociedade, segundo CNAE, com descarte de REEE na Otser..... | 106 |

| | |
|---|-----|
| Figura 33 – Geradores de REEE por municípios (unidades)..... | 107 |
| Figura 34 – Geradores de REEE classificados conforme o Quadro 14 (unidades) | 108 |
| Figura 35 – Representatividade do códigos por município, segundo número de geradores, maiores..... | 109 |
| Figura 36 - Representatividade do códigos por município, segundo número de geradores, intermediário | 110 |
| Figura 37 - Representatividade do códigos por município, segundo número de geradores, menores | 111 |
| Figura 38 – Participação dos geradores classificados segundo CNAE, por ano..... | 116 |
| Figura 39 – Classificados dos geradores de REEE entre 2011 e 1016. | 117 |
| Figura 40 – Localização de destinação final dos resíduos expedidos pela Otser | 121 |
| Figura 41 – Mapa da cadeia de pós-consumo relacionada à Otser | 122 |
| Figura 42 – Entrada mensal das linhas com maior massa (kg)..... | 123 |
| Figura 43 – Entrada mensal das linhas de menor massa (kg)..... | 124 |
| Figura 44 – Saída mensal de REEE | 124 |
| Figura 45 – Quantidade de REEE recolhido, segundo as linhas (em kg)..... | 125 |
| Figura 46 – Quantidade de REEE recolhidos, segundo as linhas (em unidades) | 125 |
| Figura 47 – Quantidade de REEE expedido, segundo as linhas (kg) | 126 |
| Figura 48 – Composição de entrada da linha verde (kg) | 127 |
| Figura 49 – Composição de saída da linha verde (kg)..... | 128 |
| Figura 50 – Balanço de massa dos REEE | 129 |
| Figura 51 – Composição dos resíduos classe I (kg)..... | 130 |
| Figura 52 – Entrada mensal de lâmpadas (kg)..... | 130 |
| Figura 53 – Entrada de pilhas, baterias e tóner (kg) | 131 |
| Figura 54- Balanço de massa dos resíduos classe I (kg)..... | 132 |
| Figura 55 – Entrada mensal dos resíduos classe II B com maiores massas (kg) | 132 |
| Figura 56 – Entrada mensal dos resíduos classe II B com menores massas (kg) | 133 |
| Figura 57 – Saída dos resíduos classe II B da empresa (kg)..... | 133 |
| Figura 58 – Balanço de massa dos resíduos classe II B (kg) | 135 |
| Figura 59 – Entrada de resíduos na Otser (em kg)..... | 136 |
| Figura 60 – Saída de resíduos da Otser (em kg) | 137 |
| Figura 61 – Balanço de massa dos resíduos da Otser (kg)..... | 138 |
| Figura 62 – Diagrama P-Q - Resíduos expedidos/comercializados..... | 141 |
| Figura 63 –Planta baixa da Otser na situação atual de atividades | 142 |

| | |
|---|-----|
| Figura 64 – Esquema do fluxo produtivo | 144 |
| Figura 65 - Diagrama de processo | 145 |
| Figura 66 – Carta de interligações preferenciais da Otser | 148 |
| Figura 67 – Diagrama de inter-relação da Otser..... | 149 |
| Figura 68 – Diagrama de ocupação dos espaços existentes da Otser | 153 |
| Figura 69 – Elaboração do diagrama de inter-relação entre espaços | 155 |
| Figura 70 – Reorganização do diagrama de inter-relações entre espaços | 155 |
| Figura 71 – Proposta do novo leiaute da Otser..... | 157 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 - Comercialização de equipamentos de informática e telefonia (em mil unidades) .. | 37 |
| Tabela 2 – Planilha síntese dos geradores classificados conforme CNAE e pelos municípios | 83 |
| Tabela 3 - Controle de coleta de REEE pela Otser..... | 83 |
| Tabela 4 – Planilha síntese do controle anual segundo a participação dos geradores (unidades) | 84 |
| Tabela 5 – Planilha síntese em relação ao controle de coleta de REEE..... | 84 |
| Tabela 6 – Controle de entrada de REEE na Otser..... | 89 |
| Tabela 7 – Controle de saída de materiais da Otser | 89 |
| Tabela 8 – Planilha síntese de entrada de resíduos na Otser (em kg)..... | 90 |
| Tabela 9 – Planilha síntese de entrada de resíduos na Otser (em unidades) | 91 |
| Tabela 10 – Planilha de saída de resíduos da Otser (em kg) | 93 |
| Tabela 11 – Comparativo entre os leiautes..... | 101 |
| Tabela 12 – Execução da planilha síntese de controle anual (unidades)..... | 114 |
| Tabela 13 – Execução da planilha síntese do controle de coleta de REEE..... | 119 |
| Tabela 14 – Registro da produtividade anual da Otser..... | 146 |
| Tabela 15 – Registro de produtividade mensal, em 2016 da Otser | 146 |
| Tabela 16 – Comparativo de áreas entre os leiautes..... | 158 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 – Etapas do licenciamento ambiental | 52 |
| Quadro 2 – Classificação dos resíduos | 53 |
| Quadro 3 – Algumas tipologias para o licenciamento..... | 54 |
| Quadro 4 – Diferenças entre os arranjos legais para o gerenciamento de REEE..... | 55 |
| Quadro 5 – Requisitos para um bom leiaute | 61 |
| Quadro 6 – Diagrama de fluxo de processos..... | 64 |
| Quadro 7 - Vantagem e desvantagem dos tipos de leiaute | 66 |
| Quadro 8 – Etapas do planejamento SLP | 67 |
| Quadro 9 – Tipos de diagrama de processos | 68 |
| Quadro 10 – Tipo de diagramas para o fluxo de materiais..... | 68 |
| Quadro 11 – Convenção de proximidades..... | 70 |
| Quadro 12 – Etapas para a definição do espaço | 71 |
| Quadro 13 – Roteiro para entrevista..... | 79 |
| Quadro 14 – Identificação das atividades econômicas..... | 81 |
| Quadro 15 – Identificação da cadeia de pós-consumo relacionada à Otser | 82 |
| Quadro 16 – Classificação dos resíduos sólidos..... | 86 |
| Quadro 17 – Aplicação do SLP na Otser..... | 95 |
| Quadro 18 – Simbologia utilizada para o diagrama de processo | 98 |
| Quadro 19 – Formulário para cálculo de requerimento de espaços e características das áreas existentes | 100 |
| Quadro 20 – Justificativas para a proximidade dos setores..... | 147 |
| Quadro 21 Levantamento do mobiliário e equipamentos..... | 150 |
| Quadro 22 – Levantamento das áreas no leiaute existente | 151 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|---------|--|
| ABINNE | Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ANATEL | Agência Nacional de Telecomunicações |
| ASME | <i>American Society of Mechanical Engineers</i> |
| BHRS | Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos |
| CEDIR | Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática |
| CNAE | Classificação Nacional de Atividades Econômicas |
| CODRAM | Código de Ramos |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| CONSEMA | Conselho Estadual de Meio Ambiente |
| CRT | <i>Cathode Ray Tubes</i> ou Tubos de Raios Catódicos |
| EEE | Equipamento Elétrico e Eletrônico |
| EPI | Equipamento de Proteção Individual |
| EPC | Equipamento de Proteção Coletivo |
| FEPAM | Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente Henrique Luiz Roessler |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IDC | <i>Internation Data Corporation</i> / Corporação Internacional de Dados |
| IDEC | Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor |
| LED | <i>Light Emitting Diode</i> ou Diodo Emissor de Luz |
| LCD | <i>Liquid crystal display</i> ou Tela de Cristal Líquido |
| REEE | Resíduo de Equipamento Elétrico e Eletrônico |
| RSU | Resíduo Sólido Urbano |
| PCI | Placa de Circuito Impresso |
| PEV | Ponto de Entrega Voluntário |
| PNRS | Política Nacional de Resíduos Sólidos |
| SLP | <i>Systematic Layout Planning</i> ou Sistema de Planejamento de Leiaute |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| UNEP | <i>United Nations Environment Programme</i> / Programa das Nações Unidas para o Ambiente |
| UNU-IAS | <i>United Nations University – Institute for the Advanced Study of Sustainability</i> |

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| 1 INTRODUÇÃO | 29 |
| 1.1 Justificativa | 32 |
| 1.2 Objetivos..... | 33 |
| 1.2.1 Objetivo Geral | 33 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 33 |
| 1.3 Estrutura da Pesquisa | 33 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 35 |
| 2.1 RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELÉTRICO E ELETRÔNICO..... | 35 |
| 2.2 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE REEE..... | 41 |
| 2.2.1 Etapas do gerenciamento de REEE | 47 |
| 2.2.2 Licenciamento Ambiental | 51 |
| 2.2.3 Central de desmontagem, segregação e separação | 55 |
| 2.3 LEIAUTE E FLUXO PRODUTIVO..... | 58 |
| 2.3.1 Requisitos do leiaute no fluxo produtivo de REEE..... | 71 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 75 |
| 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA | 75 |
| 3.2 ESTUDO DE CASO | 76 |
| 3.2.1 Coleta preliminar de informações | 78 |
| 3.3 Metodologia para atender o objetivo 1 – Mapear a cadeia de pós-consumo relacionada à empresa..... | 80 |
| 3.4 Metodologia para atender o objetivo 2 – Efetuar o balanço de massa da empresa ... | 85 |
| 3.5 Metodologia para atender o objetivo 3 – Propor melhorias no leiaute e no fluxo produtivo da empresa em estudo | 94 |
| 3.5.1 Identificar a etapa do planejamento do leiaute..... | 96 |
| 3.5.2 Diagrama P-Q..... | 96 |
| 3.5.3 Elaboração do leiaute existente | 97 |
| 3.5.4 Diagrama de processos..... | 97 |
| 3.5.5 Diagrama de inter-relação entre atividades e fluxo..... | 98 |
| 3.5.6 Diagrama de inter-relação de espaço | 99 |
| 3.5.7 Proposta do novo leiaute | 101 |
| 4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 103 |

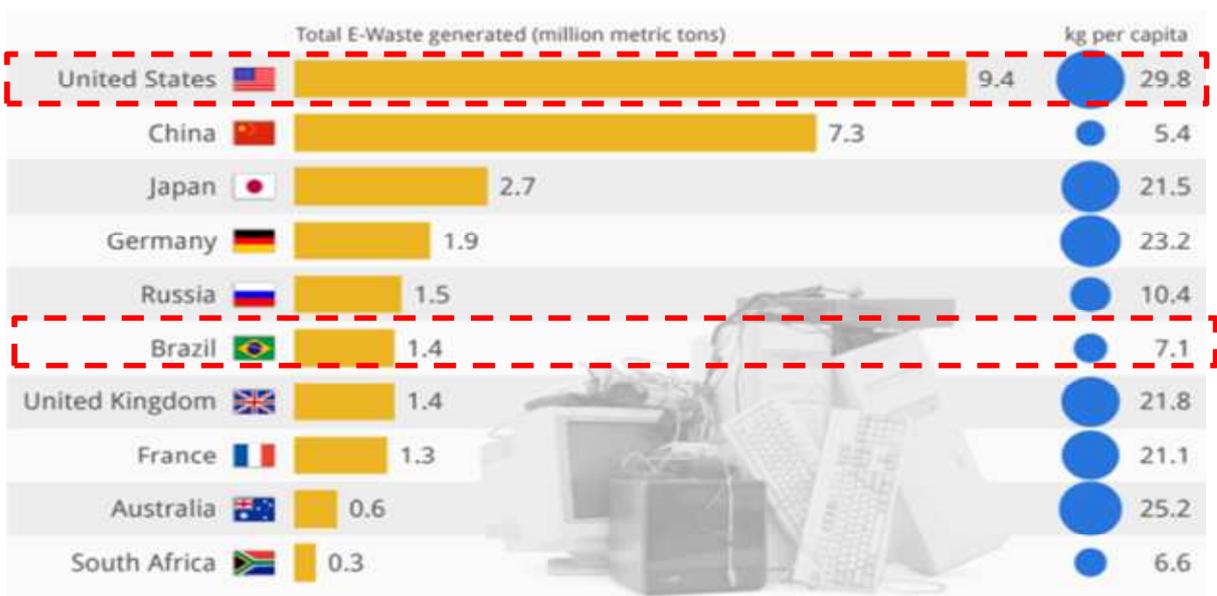
| | |
|---|------------|
| 4.1 Resultados do objetivo 1 – Mapear a cadeia de pós-consumo relacionada à empresa | |
| 103 | |
| 4.2 Resultados do Objetivo 2 - Efetuar o balanço de massa da empresa..... | 123 |
| 4.3 Resultados do Objetivo 3 – Propor melhorias no leiaute e no fluxo produtivo da empresa em estudo | 140 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 161 |
| 5.1 Considerações Finais | 162 |
| REFERÊNCIAS..... | 165 |
| APÊNDICE A – RESPOSTAS OBTIDAS COM A ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA..... | 173 |
| APÊNDICE B – EXEMPLO DE DETALHAMENTO DOS GERADORES DE REEE | |
| 174 | |
| APÊNDICE C – PLANILHA SÍNTESE DA CLASSIFICAÇÃO DOS GERADORES, SEGUNDO A CNAE POR MUNICÍPIO..... | 175 |
| ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO, COMITÊ DE ÉTICA | 177 |

1 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea está configurada pelo consumismo e pela inserção do indivíduo cada vez mais na era digital, por meio dos recursos tecnológicos dos equipamentos eletroeletrônicos que facilitam a vida cotidiana. Com isso, a indústria de equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) tem ampliado consideravelmente a produção dos produtos eletroeletrônicos, a fim de atender a demanda dos consumidores atraídos pelo conceito de felicidade e bem-estar, expostos como vantagens pelas mídias.

De acordo com a *United Nations University – Institute for the Advanced Study of Sustainability* (UNU-IAS) (2015), em 2014 foram gerados 41,8 milhões de toneladas de resíduos eletroeletrônicos (REEE) no mundo, e segundo previsões da Organização das Nações Unidas (ONU) (2015) este número poderá chegar a 50 milhões de toneladas em 2017. Segundo a *United Nations Environment Programme* (UNEP) (2015) a indústria eletrônica, uma das maiores e que mais crescem no mundo contribuindo para os resíduos eletroeletrônicos provenientes de computadores e celulares. Diante disto, a ONU (2012), elaborou o mapa mundial de resíduos elétricos e eletrônicos (REEE) conforme a Figura 1.

Figura 1 – Mapa mundial de geração de REEE



Fonte: ONU e STEP (2012)

Segundo a ONU (2012), os Estados Unidos da América (EUA) estão entre os maiores produtores de EEE e geradores de REEE. A Figura 1 verifica-se que o EUA descartaram

cerca de 9,4 milhões de toneladas, o que representou 29,8kg/hab por ano. O Brasil é o maior gerador de REEE entre os países latino-americanos, com 1,4 milhões de toneladas em 2014, segundo informações da UNU-AIS (2015), na sequência aparece o México com 958 mil toneladas, Argentina com 292 mil toneladas.

A UNU-IAS (2015), realizou um estudo demonstrando a distribuição da geração de REEE por região, onde se destaca a Ásia com 16 milhões de toneladas, representando 38% do total produzido mundialmente, enquanto que a Oceania gerou 600 mil toneladas, representando 1%. Já a América Latina, contribuiu com cerca de 3,9 milhões de toneladas, representando 9% da geração mundial de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINNE) (2015) constatou a retração do setor eletroeletrônico em 2014. Diante disto, o mercado da informática apresentou redução de vendas em relação ao ano de 2013, principalmente para a venda de *desktops* e *notebooks*, enquanto que a venda de *tablets* cresceu. Por outro lado, o mercado de telecomunicações, celulares tradicionais e *smartphones*, manteve o crescimento com aproximadamente 70 milhões unidades vendidas em 2014.

O aumento significativo na geração de REEE é um problema ambiental que necessita de medidas preventivas e corretivas para o seu tratamento e destinação ambientalmente adequada. Alguns países estão se engajando na causa para contribuir para a sustentabilidade do planeta. Segundo Dias (2014), as regulamentações ambientais referentes à gestão de REEE diferem-se muito entre os países, sendo que poucos possuem legislação específica para este resíduo. Todos se embasam na política estratégica de gerenciamento adotada pela União Européia, fundamentada em prevenção, reciclagem e redução na disposição final dos resíduos sólidos. Os países desenvolvidos têm adotado soluções que envolvem ergonomia e saúde ocupacional, enquanto que os em desenvolvimento priorizam ações voltadas à inclusão social por meio da reciclagem.

O Brasil foi um dos primeiros países em desenvolvimento a regulamentar a gestão de resíduos sólidos, com a aprovação da Lei Federal nº 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Nesta lei, foram incluídos os produtos eletroeletrônicos e seus componentes, enquadrando-os na responsabilidade compartilhada e no sistema de logística reversa. A legislação ainda favorece a organização de novos mercados e segmentos dentro do conceito de logística reversa, onde se visa à integração das cadeias produtivas da reciclagem com o propósito de tornar viável e sustentável a destinação ambientalmente adequada dos resíduos.

Toda a preocupação é devida porque quando os REEE são dispostos de forma inadequada ou ainda desmontados sem controle, podem ocasionar impactos ambientais, por meio da contaminação do solo e das águas superficiais ou subterrâneas, isso representa riscos à população do entorno ou dos trabalhadores que realizam a reciclagem. (WIDMER et. al., 2005). A contaminação associada aos REEE já causou a degradação ambiental em países não desenvolvidos e afetou negativamente a saúde da população, um exemplo disto é a cidade de Guyu na China, onde aproximadamente 80% das famílias têm um membro que trabalha na reciclagem de REEE de forma inadequada. O solo, o ar, a água e conseqüentemente seus alimentos possuem níveis de contaminação superiores aos permitidos pela organização mundial de saúde (ROBINSON, 2009).

Diante do exposto, o gerenciamento dos REEE é um dos meios de minimizar os impactos ambientais adversos ao meio ambiente e compreende, de forma simplificada, as etapas de coleta, triagem, separação e destinação final. Entende-se por destinação, os diferentes processos que podem ser adotados para um equipamento após o término de sua vida útil, tais como: reúso reciclagem, remanufatura, incineração, doação, venda ao mercado secundário ou encaminhamento para o aterro, mas somente dos rejeitos. (SEGER; GUARNIERI, 2014).

A crescente geração desses REEE no Brasil faz com que seja necessário a instalações físicas adequadas, organizadas e licenciadas, sejam cooperativas, associações ou empresas, que seus trabalhadores possuam capacitação para as atividades de triagem, desmontagem e reciclagem dos REEE. Esses locais devem visar à preservação do meio ambiente e assegurar a integridade dos trabalhadores para os possíveis riscos ocupacionais às substâncias tóxicas, durante as etapas gerenciamento e recuperação dos materiais que são: recebimento do produto, classificação e manejo. (DIAS, PRAGANA, SANTOS, 2014).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), o leiaute geralmente é o primeiro aspecto que se observa ao entrar em um setor produtivo, pois ele determina a aparência da operação. O segundo aspecto é identificar quais os materiais que são transformados. Uma simples mudança na localização de um equipamento podem afetar o fluxo produtivo e por sua vez a eficácia geral do sistema produtivo.

Conforme Camara (2008), o leiaute tem um significativo impacto no enfoque de ecoeficiência, assim como, na redução dos custos de produção, gerando resultados consideráveis na minimização dos impactos ambientais adversos. O arranjo físico adequado também resulta em economia de ordem financeira, logo a organização do espaço é um aspecto a ser observado no planejamento estratégico para a sustentabilidade da central de

desmontagem, segregação e tratamento, a qual visa contribuir para a redução de custos operacionais e aumentando a produtividade.

1.1 Justificativa

O tema gerenciamento de resíduos sólidos, especialmente de REEE é atual e está sendo discutido mundialmente, devido aos problemas relacionados aos impactos ambientais e à saúde humana, principalmente quando os REEEs são tratados e dispostos de forma inadequada. Sendo assim, cabe ressaltar que as cooperativas, associações e empresas privadas devem possuir licença ambiental para a operação do gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos. Outro aspecto relevante refere-se às condições das instalações físicas, que precisam ser habitáveis para assegurar a segurança e saúde do trabalhador, e também dispor de um leiaute eficiente que auxilie no fluxo produtivo da organização, de forma a minimizar o tempo e percurso do manuseio de REEE e materiais segregados, e caracterizando o aumento a produtividade.

O assunto é abordado na Lei nº 12.305/2010, onde foi reunido um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, metas e ações adotadas em conjunto ou individuais pelos governos (federais, estaduais e municipais) e por setores particulares, visando à gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. A regulamentação da PNRS foi por meio do Decreto nº 7.404/2010 que disciplina as inovações introduzidas na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, valendo-se do sistema de logística reversa para a restituição dos resíduos sólidos do setor empresarial para o reaproveitamento de materiais no ciclo produtivo ou para a destinação ambientalmente adequada. No presente momento, ainda se aguarda pela aprovação do acordo setorial para a implantação do processo de logística reversa para o setor de eletroeletrônico, mas verifica-se que alguns agentes da cadeia produtiva de equipamentos eletroeletrônicos, mesmo que de forma incipiente, já adotaram alguns procedimentos visando à regulamentação do acordo setorial.

Então, o presente estudo justifica-se pela importância de verificar a situação do gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos na região do Vale do Rio dos Sinos. Outro aspecto relevante do estudo é a possibilidade de contribuir para o desenvolvimento sustentável de organizações envolvidas no gerenciamento de REEE, independente se pública ou privada, por meio de propostas de melhorias no leiaute, o que segundo Conde, Xavier e Frade (2014) esse é um ponto relevante na produtividade.

1.2 Objetivos

Os objetivos da pesquisa estão descritos a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as formas de gerenciamento implementadas em empresa que executa a desmontagem e descaracterização de REEE na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS).

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo principal da pesquisa foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- a) Mapear a cadeia de pós-consumo relacionada à empresa;
- b) Efetuar o balanço de massa da empresa;
- c) Propor melhorias qualitativas no leiaute e no fluxo produtivo da empresa em estudo.

1.3 Estrutura da Pesquisa

A dissertação está dividida em cinco capítulos. No capítulo um está a visão geral do assunto da pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos. No capítulo dois apresenta-se a revisão bibliográfica, com o intuito de ampliar o embasamento teórico sobre os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, gestão e gerenciamento de REEE e questões relativas à organização das instalações físicas e melhor produtividade do empreendimento. No terceiro capítulo indica-se a metodologia a ser utilizada para atingir os objetivos da pesquisa. O quarto capítulo apresenta a discussão dos resultados e no quinto capítulo é referente às conclusões da pesquisa

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são contextualizados de forma global os assuntos referentes aos resíduos de equipamento elétricos e eletrônicos. Também são abordadas questões pertinentes ao gerenciamento de REEE, constituição de pessoas jurídicas que podem exercer esta atividade, etapas para o licenciamento ambiental no Rio Grande do Sul. Além disso, será tratado o assunto referente à organização do espaço físico de instalações industriais, o leiaute, que influenciam no fluxo produtivo de uma empresa, no caso, no processo de recebimento e de transformação do REEE em resíduos classe II B e classe I, ou seja, material reciclável, resíduo perigoso e rejeito até o encaminhamento à destinação ambientalmente adequada.

2.1 RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELÉTRICO E ELETRÔNICO

No Brasil, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) (2012) e a Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) (2012) referem-se aos equipamentos eletroeletrônicos (EEE) como todos aqueles produtos cujo funcionamento depende de corrente elétrica ou campo magnético e classificam os EEE em quatro categorias amplas: linha branca, azul, marrom e verde. Figura 2 apresenta a classificação comercial e características dos EEEs.

Figura 2 - Classificação comercial dos EEE

| LINHA BRANCA | LINHA AZUL | LINHA MARROM | LINHA VERDE |
|---|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Eletrodoméstico de grande porte (30-70kg); • Vida útil longa (10-15anos); • Menor diversidade de componentes; • Predominância de metal; • Ex.: Fogão, refrigerador, ar condicionado, etc. | <ul style="list-style-type: none"> • Eletrodoméstico de pequeno porte (0,5-5kg) e portáteis; • Vida útil longa (10-12 anos); • Predominância de plástico; • Ex.: Batedeira, liquidificador, ferro elétrico, etc. | <ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos de médio porte (1-35kg) • Vida útil média (5-13 anos); • Composto principalmente de plástico e vidro; • Ex.: Televisão tubo, plasma; monitor LCD, aparelhos de áudio, outros. | <ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos de pequeno porte (até 30Kg); • Vida útil curta (2-5 anos); • Grande diversidade de componentes; • Predominância de plástico e metal; • Ex.: Celular, computador, notebook, impressora, etc. |

Fonte: ABDI (2012)

O Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC) (2013) avaliou a vida média útil de alguns EEEs, e identificou a linha verde como a categoria mais crítica, por apresentar os menores ciclos de vida. Os celulares apresentaram menos de três anos e os computadores raramente superam cinco anos de vida útil. Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE) (2013) existem 65.130 milhões de domicílios no país, destes 31.834 milhões possuem computadores, representando 48,9% e 58.486 milhões dos domicílios possuem telefones celulares, representando 89,8% do total.

É perceptível a crescente evolução do consumo de celulares e computadores pela população brasileira. De acordo com a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) (2015) em 1990 haviam aproximadamente 670 celulares no país, no ano 2000 foi contabilizado 23.188.171 milhões e em 2014 foram registrados 280.731.936 milhões. Conforme ANATEL (2015) a teledensidade¹ em agosto de 2015 foi de 136,86, onde o Rio Grande do Sul ocupa o 4º lugar com densidade² 144,72, seguido do Distrito Federal com 215,49, São Paulo com 1574,22 e Rio de Janeiro com 150,51. Conforme ABINEE (2010) em 2003 foram vendidos 3,2 milhões de computadores no Brasil, em 2005 foram cerca de 5,6 milhões, nos anos de 2008 e 2009 foram registrados 12 milhões e 2011 as vendas alcançaram 15,8 milhões.

De acordo com a *International Data Corporation* (IDC) (2015), verifica-se a retração comercial nas vendas de celulares devido à crise econômica que o país está atravessando, por outro lado, percebe-se que os brasileiros ainda estão investindo em inovações tecnológicas, constata-se isto, pelo aumento na venda de *smartphones* e *notebooks*. Segundo IDC (2016) Entre os meses de abril a junho foram comercializados 12.044 milhões de aparelhos, sendo que 10.779 foram *smartphones* e 1.265 foram celulares convencionais. Logo o crescimento do mercado total foi de 23,1% em relação ao primeiro trimestre de 2016, mas 1,7% menor em relação ao segundo trimestre de 2015. E sobre a comercialização de computadores IDC (2016) refere-se que foi a pior redução aconteceu no terceiro trimestre de 2016, entre julho e setembro foram vendidos 1.047 milhão de equipamentos, ou seja, 35% menos em relação ao mesmo período de 2015 e 11% em relação ao segundo semestre de 2016. Na Tabela 1 apresenta-se a comercialização de alguns EEE da linha verde.

¹Índice de distribuição (densidade) de linhas telefônicas numa região.

²Densidade, acessos por 100 habitantes.

Tabela 1 - Comercialização de equipamentos de informática e telefonia (em mil unidades)

| Produto | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Celular tradicional | 42.215 | 30.378 | 15.752 | 1.510 |
| <i>Smartphone</i> | 16.010 | 35.195 | 54.551 | 22.617 |
| Total | 58.226 | 65.573 | 70.303 | 24.126 |
| <i>Desktop</i> | 6.582 | 5.748 | 3.974 | 1.261 |
| <i>Notebook</i> | 8.932 | 8.196 | 6.361 | 1.880 |
| <i>Tablet</i> | 3.303 | 8.473 | 9.623 | 2.652 |
| Total | 18.817 | 22.418 | 19.957 | 5.793 |

Fonte: IDC (2015)

Segundo Pacheco (2013), um equipamento elétrico ou eletrônico pode transformar-se em um resíduo eletroeletrônico ao atingir o término da vida útil. São considerados fatores de esgotamento da vida útil o não funcionamento integral ou parcial deste, bem como, de suas partes ou componentes e a falta de condições de conserto ou mesmo quando há possibilidade, mas não se faz devido à inviabilidade econômica.

A ABNT NBR 16156/2013 – Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – requisitos para a atividade de manufatura reversa, define REEE como “equipamentos elétricos e eletrônicos, partes e peças que chegam ao final de sua vida útil ou o uso foi interrompido”. Segundo esta mesma NBR, defini-se REEE perigoso como aquele onde a composição é desconhecida quanto as suas propriedades físicas ou químicas, os quais podem oferecer risco à saúde pública ou riscos ao meio ambiente quando esses resíduos são destinados inadequadamente.

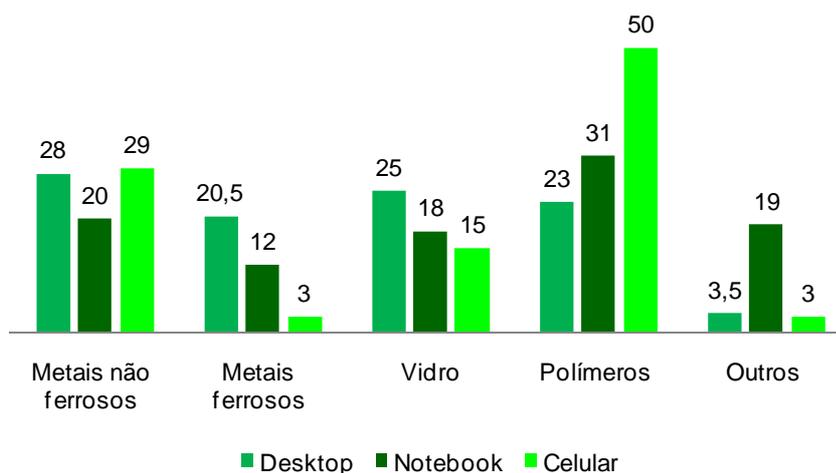
Guerin (2008) e Cobbing (2008) referem-se ao REEE como resíduo de rápida obsolescência de equipamentos eletrônicos, e também são considerados química e fisicamente diferentes dos outros resíduos urbanos ou industriais porque contém materiais valiosos e perigosos, por isso, requerem tratamento especial e métodos adequados de disposição e reciclagem. Em sua composição apresentam metais pesados e retardantes de chama bromados, que quando descartados no solo ou incinerados podem causar danos ao meio ambiente e à saúde humana. A disposição inadequada destes propicia a lixiviação dos metais para o solo e para as águas superficiais e a incineração dos REEE leva às emissões de poluentes ao ar, tais como, toxinas, dioxinas e furanos que podem ser prejudiciais à saúde do homem. (WIDMER, 2005).

Alguns metais pesados encontrados nos REEE são o cádmio, chumbo, níquel e mercúrio, segundo Lima (2012) a contaminação ocorre por meio de manuseio, inalação, ingestão de água ou alimentos contaminados e podem ocasionar danos à saúde como por exemplo, demartite, disfunção renal, comprometimento pulmonar, alterações neurológicas, no sistema reprodutivo e digestivo até desenvolvimento de câncer. Já a contaminação humana decorrente dos retardantes de chama bromados ocorre quando manipulados e / ou pela inalação de dioxinas e furanos decorrentes de incineração e afeta principalmente os sistema endócrino e imunológico, segundo Lima (2012).

De acordo com Robinson (2009) a composição dos REEE é heterogênea. Diante disto as quantidades de materiais e concentração de contaminantes encontrados em cada produto descartado dependem do tipo de produto e da tecnologia em que foi desenvolvido. Quanto aos riscos ambientais que afetam a saúde humana destacam-se os elementos.

No entanto, de modo geral, diz-se que o REEE são compostos predominantemente por três materiais, metais, vidro e polímeros. As placas de circuito impresso (PCI) estão presentes em praticamente todos os equipamentos da indústria eletroeletrônica e são importantes componentes para o funcionamento dos computadores e celulares. Na Figura 3 demonstra-se a composição de materiais de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.

Figura 3 – Materiais que compõe os REEE (%)



Fonte: Modificado de Itaotec (2003); Prince, Cooke (2006) e Virgens (2009) *apud* Porto Digital (2013)

Conforme Araujo (2013) a obtenção de dados referente à produção dos EEE é difícil, mas conseguir a estimativa de geração de REEE é mais complexo. A principal variável adotada para a estimativa da geração de resíduos eletroeletrônicos é a vida útil do equipamento, ou seja, a obsolescência do aparelho. ABDI (2012) apresenta o cálculo para a geração de REEE a partir do método “suprimento do mercado” relacionando volume de vendas, mercado cinza, exportação e importação de EEE. O volume de vendas, em unidades, é multiplicado pelo peso médio. As importações e exportações são obtidas em quilogramas. (ABDI, 2012). O método Suprimento do Mercado pode ser calculado conforme a Equação 1

$$VolumedeEEEp(t) = \frac{Vendas_p(t)}{[I - cinza_p(t)] + importação_p(t) - exportação_p(t)} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Vendas p (t) = volume de vendas do produto (p) no ano em toneladas (t);

Cinza p (t) = percentual do mercado cinza do produto (p) no ano em toneladas(t);

Importação p (t) = importação do produto (p) no ano em toneladas;

Exportação p (t) = exportação do produto (p) no ano em toneladas

Outra metodologia utilizada para fins de simplificação da análise foi segmentar os resíduos em dois grandes grupos, pequeno porte e grande porte. O volume de REEE de grande porte foi calculado somando todos os REEEs e assim replica-se para os de pequeno porte.

Aizawa, Yoshida e Sakai (2008) referem-se à contribuição de um item para produção anual de REEE por meio da na Equação 2 apresentada a seguir.

$$E = \frac{MN}{L} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

E = Quantidade de REEE (kg/ano);

M = massa do equipamento (kg);

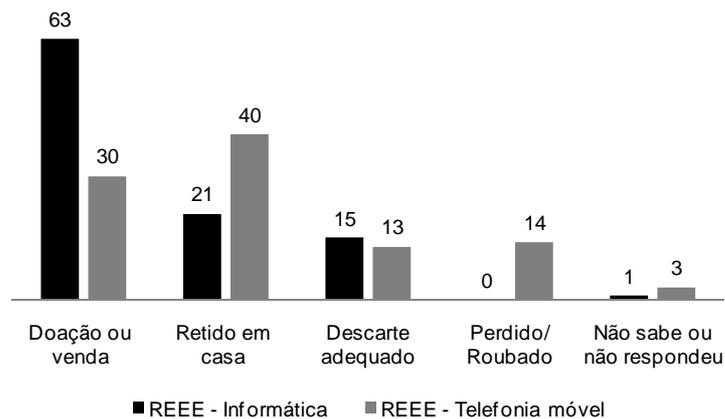
N = número de unidades em serviços;

L = expectativa de vida média do EEE (anos)

Conforme Pacheco (2013) e IDEC (2014), após término da vida útil, os EEEs têm diferentes destinos, como por exemplo, reparo e revenda que propiciam o segundo ciclo de uso, a doação, roubos e perdas ou ainda a retenção do equipamento nos domicílios. Segundo o IDEC (2014), 40% dos aparelhos celulares e 21% dos computadores permanecem em posse dos consumidores, em suas residências, mesmo após o término da funcionalidade do

equipamento. Segundo Konga et al. (2014) reter o equipamento sem uso guardado em domicílio está relacionado aos aspectos culturais, falta de incentivo à reciclagem ou ainda por apego afetivo. Na Figura 4, verificam-se alguns destinos destes REEE no Brasil.

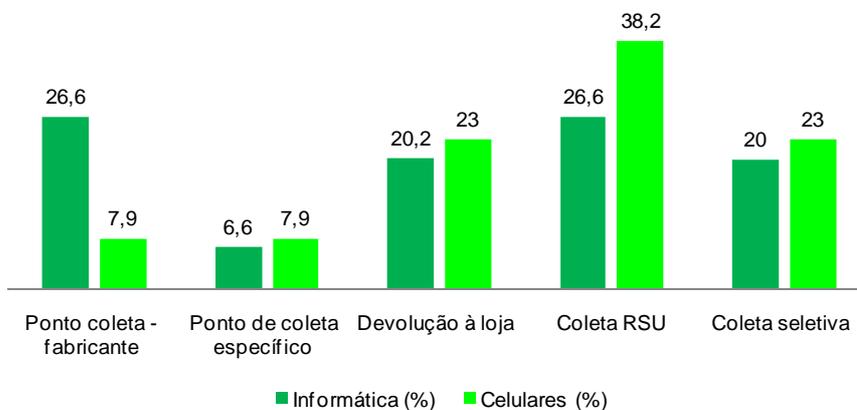
Figura 4 – Destino dos REEE de informática e celulares no Brasil (%)



Fonte: IDEC (2014)

No Brasil, foram encontrados alguns sistemas pontuais de gestão formal para computadores e aparelhos de celular, bem como seus acessórios. Os demais aparelhos eletrônicos são descartados junto na coleta de resíduos sólidos urbano. (FRANCO; LANGE, 2011). Segundo IDEC (2014) e Franco e Lange (2011) os REEE ainda são descartados de diferentes formas pelos consumidores, sendo o principal destino a doação e a disposição junto aos sistemas de coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU). Mas os REEE também são descartados na coleta seletiva, em ponto de entrega voluntário (PEV) para pequenos volumes, em pontos de coleta específicos ou ainda são devolvidos na loja em que foram adquiridos. Na Figura 5 demonstram-se algumas práticas correntes de descarte dos resíduos eletroeletrônicos.

Figura 5 - Práticas de descarte de REEE (%)



Fonte: IDEC (2014)

A Lei 12.305/2010 refere no art. 33 sobre a obrigação dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de equipamento eletroeletrônico, de estruturar e programar sistemas de logística reversa. Esse sistema deve ocorrer mediante o retorno dos produtos aos fabricantes, após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Os estudos de Xavier et al. (2010), referem-se à caracterização dos principais fluxos da logística reversa realizados pelas empresas IBM, HP, Positivo, Dell, Itautec, onde cada empresa adota o seu procedimento de campanha de coleta, o emprego de tecnologias ambientalmente adequadas para a reciclagem e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos. Trigo, Antunes e Balter (2013) demonstram que as empresas de celular, Samsung, Motorola, LG, Nokia e *Sony Ericsson* possuem programas assumindo a responsabilidade por seus produtos ao final do ciclo de vida, disponibilizando pontos de coleta e após encaminhando-os à reciclagem. As operadoras de telefonia móvel também participam com pontos de coleta, destacam-se a Vivo, Tim, Oi e Claro. (KOGA et al., 2014).

2.2 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE REEE

Cabe ressaltar que os termos gestão e gerenciamento têm conotações diferentes na língua portuguesa, enquanto que na língua inglesa é utilizado somente o termo *management*.

Segundo Taguchi (2010) gestão define-se por políticas do que fazer são os planejamentos, definições, objetivos, estabelecimentos de metas e controle de avaliação e desempenho, e gerenciamento entende-se como fazer, ações que visam implantar e operacionalizar os objetivos estabelecidos pela gestão. Enquanto que a Lei nº 12.305/2010 define-se gerenciamento de resíduos sólidos como:

conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta lei. (BRASIL, 2010 p. 10)

E, entende-se por gestão integrada de resíduos sólidos:

conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. (BRASIL, 2010 p.11)

Em se tratando de etapas operacionais, o gerenciamento dos resíduos sólidos, possui uma relação com as questões das engenharias civil, sanitária e ambiental, as quais visam solucionar o problema do resíduo gerado em meio urbano (GÜNTER, 2008). A NBR 16156/2013 define gerenciamento de resíduos de equipamento eletroeletrônico como:

Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos eletroeletrônicos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2013, p.3).

Segundo Araújo (2013) é possível dividir a cadeia de gestão de resíduos de computadores usados em três etapas:

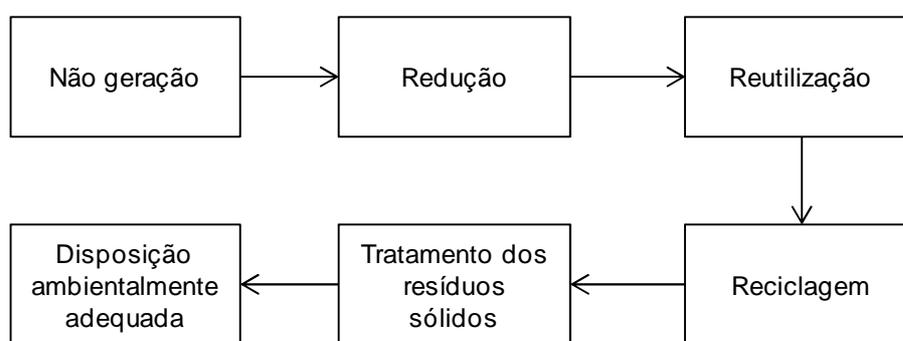
- Logística reversa: coleta dos equipamentos em empresas, domicílios, postos de entrega voluntária e outros;
- Pré-tratamento ou tratamento primário: consiste na desmontagem dos computadores e segregação das partes, módulos e componentes. Módulos e partes que estejam em estado operacional podem ser utilizadas para a remanufatura, as partes que contenham substâncias perigosas são separadas para tratamento adequado. Usualmente, segregam-se as placas de circuito integrado, que são de interesse econômico devido à possibilidade de

recuperação de metais de alto valor como ouro, cobre, e outros, no tratamento secundário;

- Tratamento secundário: trata-se dos processos metalúrgicos, químicos e físicos, para a recuperação de materiais e energia dos componentes dos REEE.

No artigo 9º da Lei nº 12.305/2010, está estabelecida a ordem de prioridade da gestão e do gerenciamento de resíduos sólidos. Conforme apresentado na Figura 6, devem embasar o tripé da sustentabilidade, propondo o equilíbrio nas três dimensões: social, econômica e ambiental.

Figura 6 – Prioridade de ação do gerenciamento



Fonte: Adaptado de Brasil (2010)

De acordo com Reis e Garcia (2012), as ações de não geração, redução e reutilização visam predominantemente à preservação e melhoria da qualidade do meio ambiente e saúde pública, uso sustentável dos recursos naturais, conscientização de que resíduo não é lixo, mas um subproduto ou coproduto. Diante disto, ocorre a valorização do resíduo, que passa a ser utilizado como matéria-prima em outro setor produtivo, e pode-se considerar como uma destinação final ambientalmente adequada.

Define-se como reciclagem, o processo de transformação de resíduo que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vista à transformação em insumos ou novos produtos. (BRASIL, 2010 p.11).

Brasil (2010) conceitua disposição ambientalmente adequada como a destinação de resíduos incluindo a reutilização, a reciclagem a recuperação e o reaproveitamento energético ou outras destinações, entre elas a disposição final observando normas operacionais de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e ao meio ambiente. E, define rejeito, como:

resíduo sólido 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.(BRASIL, 2010 p,11).

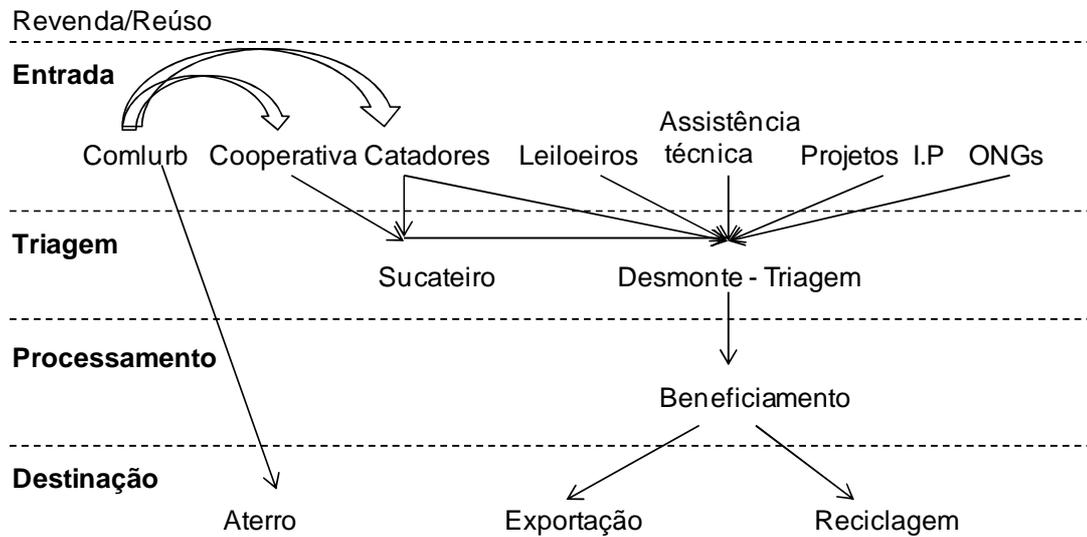
Rodrigues (2007) em seu estudo mencionava o envolvimento direto e indireto, tais como, as assistências técnicas, fabricantes, universidades, governos, empresas especializadas em gerenciamento de REEE, indústrias de reciclagem entre outros, onde cada um dos envolvidos tem interesses próprios, seja político, econômico ou social, que conduzem suas ações em relação aos resíduos descartados.

Entende-se por logística reversa:

é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para o reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra forma de destinação ambientalmente adequada. (BRASIL, 2010 p. 11).

Para a compreensão da cadeia de reciclagem e seus respectivos agentes, Albuquerque (2013) elaborou um fluxograma com a representação dos caminhos que os resíduos eletroeletrônicos percorrem ao longo de toda a cadeia de reciclagem no município do Rio de Janeiro. A maior parte das informações foi obtida através de entrevistas com os principais agentes que atuam nesse segmento de mercado, incluindo representantes de com a Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro – COMLURB, cooperativas, de empresas privadas, de organizações não governamentais, entre outros. O autor divide em quatro etapas o processo de reciclagem: entrada, triagem, processamento e destinação, conforme apresentado na Figura 7.

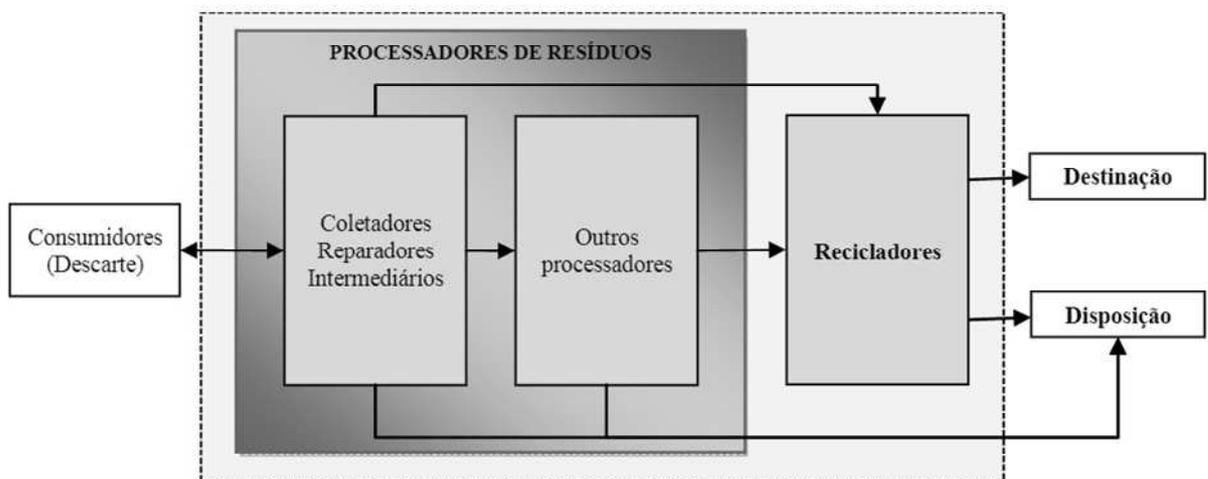
Figura 7 – Identificação da cadeia de reciclagem de REEE



Fonte:Albuquerque (2013)

KUNRATH (2015) identificou empresas que possuem atividades de captação, descaracterização, segregação, desmontagem, reciclagem, armazenamento de EEE ou de REEE, bem como, a parcela de resíduos gerados por segmentos econômicos na sociedade. A Figura 8 demonstra o fluxo de REEE no grupo de interesse pesquisado por Kunrath (2015).

Figura 8 – Fluxo dos REEE, segundo um grupo de interesse

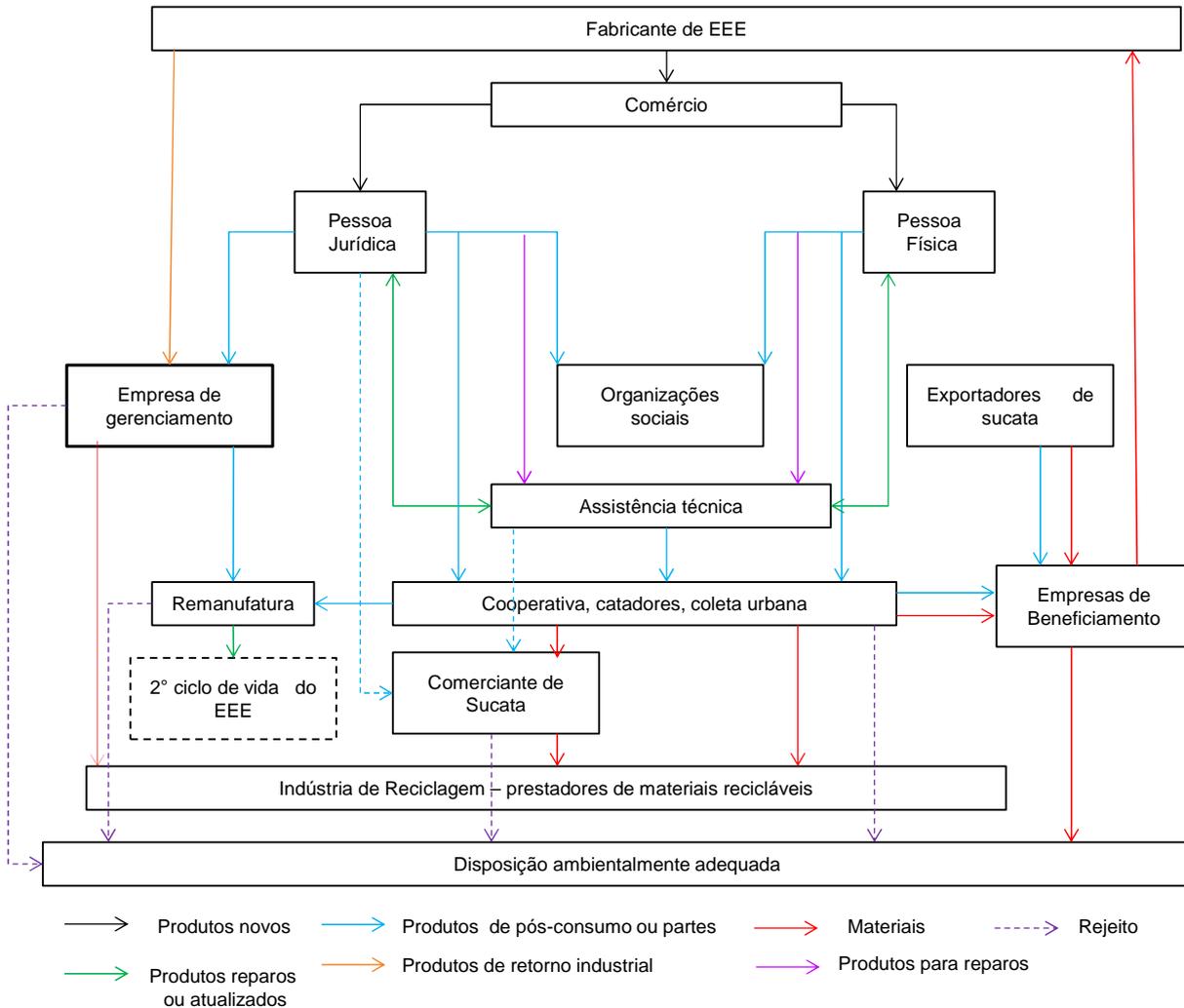


Fonte: Kunrath (2015)

Rodrigues (2007) identificou os principais agentes envolvidos na cadeia de pós-consumo e a relação entre eles e os fluxos dos produtos e materiais, com destaque a partir do

descarte. O autor também destacou os potenciais agentes responsáveis pela disposição final ambientalmente adequada. A Figura 9 ilustra o fluxo da cadeia de pós-consumo e destinação ambientalmente adequada.

Figura 9 – Fluxo da cadeia de pós-consumo



Fonte: Rodrigues (2007)

No Brasil existem poucas empresas especializadas na reciclagem de REEE e a reciclagem completa ainda não ocorrem no país. As placas de circuito impresso são trituradas e exportadas para Canadá, Bélgica e Cingapura. O refino do metal também não é feito no Brasil, devido o alto investimento. Mas os processos mecânicos são realizados no Brasil, pois são mais baratos que os metalúrgicos, utilizam equipamentos mais simples e de operação fácil. (GERBASE; OLIVEIRA, 2012).

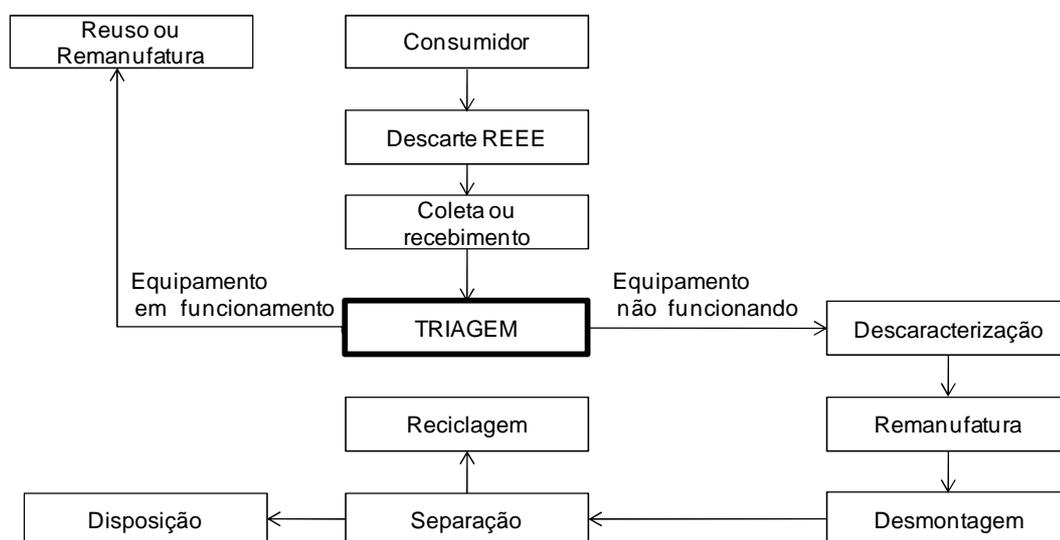
Um dos fatores do sucesso dos sistemas de gerenciamento de REEE em países desenvolvidos se deve ao fato da legislação vigente adotar o princípio da responsabilidade

compartilhada, o que leva o fabricante a desenvolver equipamentos a partir do conceito de *ecodesign*, investir em pesquisas de reciclagem dos materiais e adotar sistemas de logística reversa. (FRANCO; LANGE, 2011).

2.2.1 Etapas do gerenciamento de REEE

O gerenciamento dos REEE deve ser realizado de fluxo diferente dos fluxos de resíduos comuns, em função das características peculiares e pela possibilidade de recuperação de materiais e necessidade de tratamento. Na Figura 10 representa as etapas do gerenciamento de resíduos eletroeletrônico.

Figura 10 – Etapas do gerenciamento



Fonte: Carvalho (2014)

O gerenciamento começa quando o consumidor descarta o equipamento, enviando à coleta. Os REEE podem alcançar um ponto de descarte por meio de uma logística ativa (coleta) ou passiva (recebimento). As campanhas e os pontos de entrega voluntária atualmente são as principais fontes de recebimento de REEE, mas ainda são recolhidos de forma modesta (CONDE; XAVIER; FRADE, 2014).

Algumas instituições realizam a coleta ou recebimento e promovem o acondicionamento dos equipamentos de informática que são emprestados aos projetos sociais. (ABDI, 2012). Além disso, outra questão relevante é a preparação dos pontos de

recebimento para o acondicionamento do REEE, para que sejam áreas compatíveis e flexíveis para abrigar o material recolhido durante esta etapa. (ABDI, 2012).

As empresas fornecedoras de telefones celulares no Brasil possuem canais reversos estruturados para o retorno da bateria, do aparelho celular e seus acessórios, por meio das lojas de assistência técnica e pontos de venda. Nesses locais são instaladas urnas receptoras para celulares e periféricos pós-consumo, que após recolhidos são encaminhados para descaracterização e posterior reciclagem das peças. No entanto a divulgação desse sistema de recolhimento para os usuários ainda é deficiente. (FRANCO, 2011).

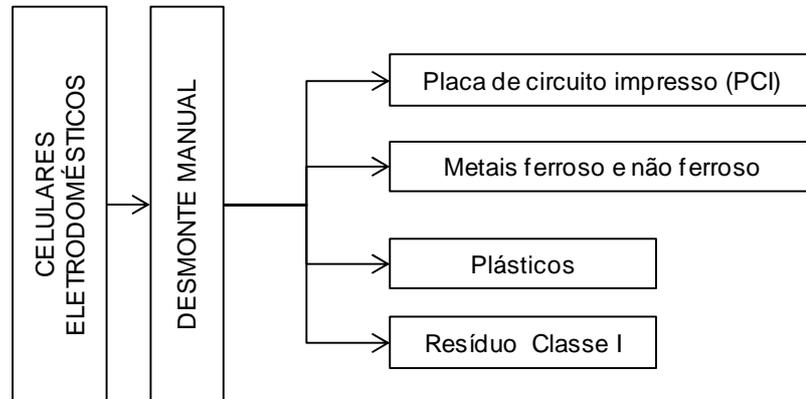
Por outro lado, as oficinas de assistência técnica atuam informalmente como ponto de recebimento de EEE no fim da vida útil. Alguns consumidores levam o EEE para conserto na assistência técnica, mas o abandonam ainda na fase de orçamento, devido ao preço do conserto não ser atrativo, quando comparado o tempo de garantia ao de um equipamento novo, ou o conserto é tecnicamente inviável porque não existe peça de reposição (ABDI, 2012; IDEC 2014).

A estrutura do transporte para a coleta deve buscar mecanismos de eficiência por meio de planejamentos de rotas que devem considerar fatores como a distância percorrida, tabelas de frete e cubagem de carga, esta última é uma operação matemática que transforma o peso da carga em peso volumétrico (ABDI, 2012; CONDE; XAVIER; FRADE, 2014).

A etapa de coleta e transporte deve ter licença ambiental para transporte e em caso de circulação de REEE entre estados é necessário o recolhimento de imposto sobre o resíduo. Outro aspecto fundamental desta etapa é a notificação de transferência do equipamento do consumidor para o responsável pela coleta ou recebimento, por meio de documentos que contenha a identificação do consumidor, do material, e identificação do termo de responsabilidade. Este documento faz parte da rastreabilidade e balanço de massa do equipamento destinado. (CONDE; XAVIER; FRADE, 2014).

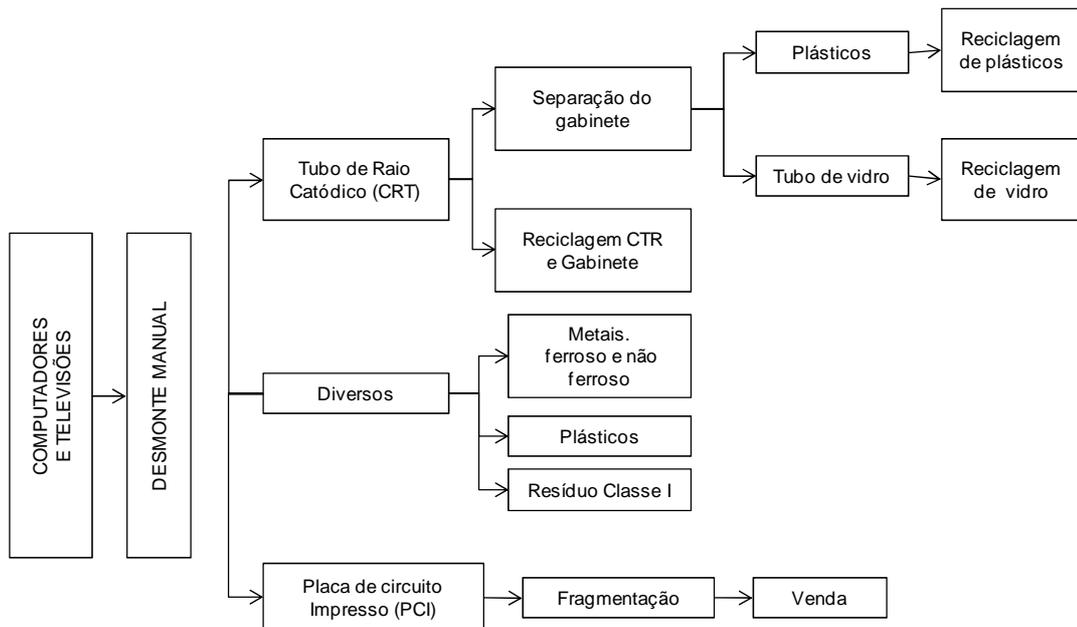
A triagem é realizada após a coleta. Sendo assim, a triagem é a etapa que classifica os equipamentos quanto ao tipo, estado de conservação e identificação da funcionalidade do equipamento, onde se verifica os que estão, ou não, aptos ao acondicionamento. Para a realização dessa tarefa é recomendável um profissional habilitado com conhecimento técnico em elétrica e eletrônica, seja para teste de funcionalidade, manutenção ou reparos. (CONDE; XAVIER; FRADE, 2014; ALVES, 2015). Na Figura 11 verifica-se o esquema de triagem para celulares e outros eletrodomésticos e na Figura 12 está apresentado o esquema de triagem de computadores e televisores. (FRANCO, 2008).

Figura 11 – Esquema de triagem de celulares e pequenos eletrodomésticos



Fonte: Adaptado de Franco (2008)

Figura 12 – Fluxo de triagem de computadores



Fonte: Adaptado de Franco (2008)

De acordo com os estudos de Santos (2012), a coleta, a triagem, desmontagem, segregação e a recuperação de REEE são, em sua maioria, realizadas manualmente, na Índia e China, este tipo de negócio tem um elevado potencial de emprego em várias cidades. No Brasil, também se observa a geração de empregos em empresas que realizam a coleta, segregação e a remanufatura de REEE, além do próprio estímulo as relações da cadeia reversa, que são dependentes da etapa de pré-processamento. (SANTOS, 2012).

A NBR 15.156/2013, ressalta a importância da descaracterização e da rastreabilidade no processo de manufatura reversa, garantindo a segurança do cliente. Após a verificação da impossibilidade de reúso ou remanufatura dos REEE, alguns fabricantes exigem a descaracterização dos seus produtos. A descaracterização acontece em dois níveis: descaracterização da marca e a descaracterização de dados. O primeiro consiste na supressão da identificação da marca do fabricante, e o segundo nível, refere-se à destruição de dados e informações presentes no equipamento. Ambas as descaracterizações podem ser realizadas por meio de trituração, mas cabe ressaltar que esse procedimento pode comprometer a separação dos materiais. (CONDE; XAVIER; FRADE, 2014).

A remanufatura no segmento de REEE equivale ao procedimento de assistência técnica, por meio do qual os equipamentos são submetidos à substituição de peças, partes ou reparos de componentes, ou ainda, pode-se considerar a retirada de peças em bom estado ou descontinuada (que não são mais fabricadas) para fins de reposição ou consertos de equipamentos em assistências técnicas (CONDE; XAVIER; FRADE, 2014). Segundo Franco (2008) a remanufatura só pode ser considerada para produtos que não foram descartados com os resíduos sólidos urbanos na coleta urbana, e salienta que a reutilização dos componentes é limitada por ser tecnologicamente inferiores ou incompatíveis com equipamentos novos.

De acordo com Franco (2008), em algumas cooperativas, a etapa de desmontagem é realizada para a separação dos materiais com valor comercial e é feita de forma precária, pois as pessoas que manipulam desconhecem o potencial tóxico de alguns componentes. Nesta etapa, existe a possibilidade do risco ambiental, por meio de contaminação do solo, se o armazenamento for realizado de forma inadequada.

A separação dos tipos de REEE pode ser conforme o tipo ou forma de destinação, possibilitando maior eficiência e redução de tempo no processo de separação dos materiais. A partir da desmontagem, pode-se alcançar maior ou menor valorização dos resíduos em sua segregação. Resíduos de tipos diferentes misturados são considerados contaminados e tem redução substancial do valor de mercado. (CONDE; XAVIER; FRADE, 2014).

No caso do REEE, a reciclagem é a recuperação dos materiais de valor, como por exemplo, metais nobres, porém também é constituído de material misto que necessitam de tecnologias avançadas para a recuperação do material, ou ainda se a reciclagem for tecnicamente inviável, pode ser encaminhado para a queima em fornos, devido ao poder calorífico dos materiais empregados.

No caso de inviabilidade de destinação por meio de reuso, reciclagem ou remanufatura, os materiais considerados rejeitos devem ser encaminhados à incineração, ou na inviabilidade desta, podem ser encaminhados à disposição final ambientalmente adequada em aterro sanitário. (FRANCO, 2008).

2.2.2 Licenciamento Ambiental

O licenciamento é um dos instrumentos de gestão ambiental estabelecido pela Lei Federal nº 6.938/1981, também chamada de Lei da Política do Meio Ambiente. A resolução nº 237/1997 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) definiu as competências da União, estados e municípios e determinou que o licenciamento deverá ser sempre feito em um único nível de competência. No Rio Grande do Sul, a aprovação da Lei Estadual nº 11.520/2000, conhecida como Código Estadual de Meio Ambiente, estabelece no artigo 69 que, "caberá aos municípios o licenciamento ambiental dos empreendimentos e atividades consideradas como de impacto local, bem como aquelas que lhe forem delegadas pelo Estado por instrumento legal ou convênio". Essa lei proporcionou que os administradores municipais se responsabilizassem pelo licenciamento ambiental de tais atividades. A Lei Complementar nº 140/2011, estabeleceu que fosse competência dos municípios o licenciamento das atividades de impacto local.

No Rio Grande do Sul, de acordo com a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) (2015), os municípios são responsáveis pelo licenciamento ambiental das atividades de impacto local. A definição destas atividades e o regramento do processo de descentralização do licenciamento foram estabelecidos pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA).

Conforme informações adquiridas no site da FEPAM, o licenciamento ambiental é um procedimento administrativo realizado pelo órgão ambiental competente, que pode ser federal, estadual ou municipal, para licenciar a instalação, ampliação, modificação e operação de atividade e empreendimentos que utilizam recursos naturais, ou que sejam potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental. Cabe ressaltar que as licenças ambientais estabelecem as condições para que a atividade ou o empreendimento cause o menor impacto possível ao meio ambiente. As etapas do licenciamento ambiental são Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Deve-se levar em conta que qualquer alteração no empreendimento deve ser submetida a novo licenciamento, com a solicitação de Licença Prévia (FEPAM, 2015).

Para a solicitação de qualquer uma das licenças é necessário informar a fase em que se encontra o empreendimento e a atividade a ser realizada, ou seja, projeto, obra, operação ou manipulação. De acordo com a consulta no site da FEPAM (2015), a descrição de cada licença está apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Etapas do licenciamento ambiental

| Licença | Descrição |
|-----------------------|---|
| Licença Prévia | A licença deve ser solicitada na fase de planejamento da implantação, alteração ou ampliação do empreendimento. Aprovada a viabilidade ambiental do empreendimento, mas não está autorizado o início. |
| Licença de Instalação | Licença que aprova os projetos, ou seja, é a licença que autoriza o início da obra/empreendimento. É concedida depois de atendidas as condições da LP. |
| Licença de Operação | É a licença que autoriza o início do funcionamento do empreendimento/obra. É concedida após atender as condições da LI. |

Fonte: Adaptado FEPAM (2015)

A Resolução nº 288/2014 CONSEMA, atualiza e define as tipologias que causam ou que possam causar impactos de âmbito local, para o exercício da competência municipal, no Estado do Rio Grande do Sul. O enquadramento das tipologias para o licenciamento ambiental está relacionado com a descrição do código de Ramo (CODRAM), ou seja, a atividade exercida nas instalações, porte (área) do empreendimento e o potencial poluidor ou de degradação está relacionado com as questões anteriores e com a classificação do resíduo gerado. As tipologias conforme pré-estabelecido pela FEPAM para o licenciamento estão parcialmente reproduzidos no Quadro 2.

A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido (ABNT NBR 10.004, 2004). No Quadro 2 apresenta-se a classificação dos resíduos de acordo com a norma NBR e no Quadro 3 reproduzem-se algumas tipologias relacionadas aos REEE conforme estabelecido pela FEPAM para o licenciamento ambiental que servem de parâmetro para o licenciamento municipal.

Quadro 2 – Classificação dos resíduos

| Classificação | Descrição |
|--------------------------|--|
| Classe I – Perigoso | Em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica. |
| Classe II - Não perigoso | Os que não estão enquadrados na Classe I, conforme anexo H da norma. |
| Classe II A – Não inerte | São aqueles resíduos que apresentam propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. |
| Classe II B – Inerte | Quaisquer resíduos que, submetidos a um contato com água não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água. Consideram-se resíduos inertes, os resíduos de sucata de metais e não metais, de plásticos polimerizados, de papel e papelão, madeira, rocha, entre outros. |

Fonte: Adaptado NBR 10.004 (2004)

Quadro 3 – Algumas tipologias para o licenciamento

| Código | Ramo_descrição | Unidade de medida | Pot. poluidor | Porte do empreendimento | | | | |
|---------|--|---|---------------|-------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | | Mín. | Peq | Méd. | Grande | Porte excepcional |
| 3112-10 | Central de recebimento e destinação de resíduos sólidos industrial Classe I | Volume total de resíduos em m ³ /mês | Alto | Até 30 | de 30,01 até 150 | de 150,01 até 300 | de 300,01 até 500 | demais |
| 3112-20 | Central de recebimento e destinação de resíduos sólidos industriais Classe IIA | Volume total de resíduos em m ³ /mês | Médio | Até 30 | de 30,01 até 150 | de 150,01 até 300 | de 300,01 até 500 | demais |
| 3121-10 | Triagem e armazenamento de resíduo sólido industrial | Área útil em m | Alto | Até 200 | de 200,01 a 500 | de 500,001 a 1000 | de 1000,01 a 5000 | demais |
| 3121-20 | Triagem e Armazenamento de Resíduo Sólido Industrial Classe II A | Área útil em m ² | Médio | Até 200 | de 200,01 a 500 | de 500,001 a 1000 | de 1000,01 a 5000 | demais |
| 3121-30 | Triagem e Armazenamento de Resíduo Sólido Industrial Classe II B | Área útil em m ² | Baixo | Até 200 | de 200,01 a 500 | de 500,001 a 1000 | de 1000,01 a 5000 | Acima de 5000,01 |
| 3122-20 | Processamento de Resíduo Sólido Industrial Classe II A | Tonelada /mês | Médio | Até 18 | de 18,01 a 35 | | | |
| 3122-30 | Processamento de Resíduo Sólido Industrial Classe II A | Tonelada /mês | Baixo | Até a 18 | de 18,01 a 35 | de 35,01 a 750 | de 750,01 a 1250 | Acima de 1250,01 |
| 3125-00 | Classificação/Seleção de resíduos sólidos industrial Classe II | Área útil em m ² | Médio | - | - | Menor que 5.000 | - | - |

Fonte: Adaptado FEPAM (2015)

Entende-se por atividade de triagem e armazenamento, o empreendimento que realizará a atividade de separar, armazenar os materiais e encaminhá-los aos destinos ambientalmente adequados. Enquanto processamento é o ato modificar fisicamente o material. (FEPAM, 2015).

Ao realizar uma consulta *online* para identificar empresas de gerenciamento de REEE instaladas na região do Vale do Rio dos Sinos, verificou-se que as encontradas possuem LOs expedidas pelos respectivos municípios onde estão instaladas. No entanto, cabe ressaltar que existe divergência nas formas de enquadramentos da FEPAM e das secretárias de meio ambiente municipal na expedição de LOs quanto à operação, sendo que a NBR 16.156/2013 menciona que os REEE também são compostos de resíduos classe I. A empresa A tem a LO

expedida com CODRAM 3121-10 (médio/alto) autorizada a promover a operação de reciclagem de produtos eletroeletrônicos com área produtiva de 720m². Enquanto a empresa B licenciada no seu respectivo município possui LO com CODRAM 3125, autorizada a promover a operação relativa à triagem e armazenamento de resíduos sólidos industrial classe II A, mas há uma ressalva de permissão para capacidade produtiva mensal para as peças eletrônicas.

2.2.3 Central de desmontagem, segregação e separação

A Lei Federal nº12.305/2012 reconhece pela primeira vez o trabalho dos catadores, e exigindo das cidades e empresas privadas a parceria com as cooperativas e associações no sistema de gestão dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Embora a lei ofereça novas oportunidades para as cooperativas, também trás novos desafios, pressionando-as de formalizar, capacitar e profissionalizar todos os associados ou cooperados, enquanto enfrenta crescente concorrência de empresas privadas envolvidas com a coleta, triagem e reciclagem de resíduos sólidos urbanos. (DIAS; PRAGANA; SANTOS, 2014).

O gerenciamento de REEE pode ser realizado por cooperativas, associações ou empresas, mas é necessário o atendimento às exigências legais para desenvolver a atividade. O Quadro 4 apresenta a diferença dos arranjos legais para a atividade de gerenciamento.

Quadro 4 – Diferenças entre os arranjos legais para o gerenciamento de REEE

| Cooperativa | Associação | Empresa |
|--|---|--|
| É uma sociedade de pessoas | É uma sociedade de pessoas | É uma sociedade de capital |
| O objetivo principal é a prestação de serviços associados. | O objetivo principal é realizar atividades assistências, culturais, esportivas. | O objetivo é o lucro. |
| Número limitado de cooperados. | Número limitado de associados | Cada ação representa um voto (uma pessoa pode ter várias ações). |
| Assembléias: quórum é baseado no número de cooperado. | Assembléias: quórum é baseado no número de associados. | Assembléias: quórum é baseado no capital. |
| Não é permitida a transferência das quotas-partes a terceiros, estranho à cooperativa. | Não tem quotas-partes. | É permitida a transferência das ações a terceiros. |
| Destino das sobras é decidido pela assembléia geral. | Não geram excedentes. | Lucro dos acionistas proporcional ao número de ações. |

Fonte: Vasconcelos (2011) apud Xavier (2014, p. 15)

De acordo com Franco e Lange (2011) e ABDI (2012), catadores de trabalham em cooperativas de triagem de materiais recicláveis acabam também por coletar, desmontar e

segregar os REEE. Estes trabalhadores afirmam que não possuem informações sobre a maneira adequada de manipular os REEE e nem de como destiná-los de forma adequada.

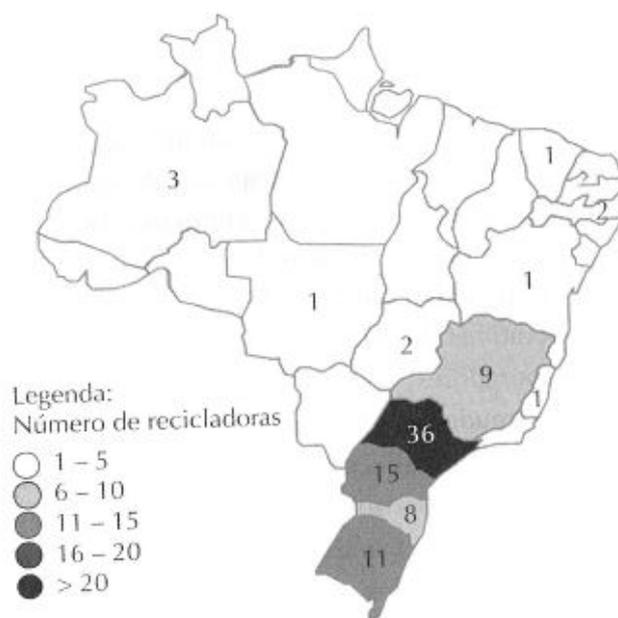
No entanto, existem algumas iniciativas para capacitar os trabalhadores da área da reciclagem, como é o caso do Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (CEDIR) vinculado a Universidade de São Paulo (USP) e a Caixa Econômica Federal (CAIXA). O CEDIR tem cursos de capacitação para trabalhadores da área da reciclagem interessados em ampliar conhecimentos sobre o REEE, mas a CAIXA (2014) está promovendo a capacitação de cooperativas de materiais eletrônicos em parceria com o uma organização da sociedade civil de interesse público, o Instituto GEA³, que afirma que a reciclagem correta de REEE ainda é incipiente no Brasil.

Diante do crescente aumento da geração de REEE e a implantação da logística reversa para os resíduos eletroeletrônicos, alguns empreendedores vislumbraram a oportunidade econômica em atender a demanda deste setor. Conforme ABDI (2012) as empresas de pequeno porte que atuam no gerenciamento de REEE, exercem a triagem, segregação e reaproveitamento de alguns materiais, mas também acabam sendo pontos de coleta.

Segundo ABDI (2012) no Brasil existem 94 recicladoras, conforme ilustrado na Figura 13, a maioria está localizada na região sul e sudeste do país. Conforme Araújo (2013) há 33 são empresas de REEE que atuam basicamente na desmontagem e separação dos materiais, porque não possuem tratamentos avançados dos resíduos eletroeletrônicos.

³Instituto GEA - Ética e Meio Ambiente é uma OSCIP (Organização da Sociedade Civil de Interesse Público), cuja finalidade principal é desenvolver a cidadania e a educação ambiental, assim como assessorar a população a implantar programas de coleta seletiva de lixo e reciclagem.

Figura 13 – Distribuição de recicladoras de REEE no Brasil



Fonte: Análise Inventta (2012)

De acordo com Rodrigues (2007), caracterizam-se como empresas de gerenciamento de REEE, as que prestam serviços de gerenciamento dos resíduos aos fabricantes de EEE, as empresas de outros setores que possuem equipamentos obsoletos e às pessoas físicas, e que desmontam, separam materiais, beneficiam e buscam a destinação adequada para a venda de materiais e para a disposição ambientalmente adequada para os rejeitos. Além disso, é importante ressaltar que as empresas de gerenciamento de REEE devem possuir contrato com os seus parceiros e clientes assumindo a responsabilidade pela destinação dos resíduos.

Os estudos de Rodrigues (2007), de Franco e Lange (2011) apontam que as empresas que trabalham com o gerenciamento de REEE recebem diversos tipos de REEE, mas verifica-se a predominância de computadores. Além disso, mencionam que a atividade de gerenciamento é exercida normalmente em galpão industrial, e também possuem um setor administrativo. No galpão industrial existem mesas de separação manual dos componentes, áreas de armazenamento, e às vezes, maquinários específicos como, por exemplo, equipamento para retirada de resíduos de tóner de cartuchos de impressoras e para o corte de metal e placas de circuito impresso.

2.3 LEIAUTE E FLUXO PRODUTIVO

É de amplo conhecimento a denominação de *layout* ou leiaute conforme a língua portuguesa, abordado como sinônimo de arranjo físico, sendo assim, será adotado o termo leiaute. O arranjo de áreas de trabalho nasceu com o comércio e com o artesanato, com a execução de trabalhos produtivos. Com o desenvolvimento do sistema produtivo, maior atenção passou a ser dada à utilização do espaço. (MUTHER, 1978).

Segundo Vieira (1979), leiaute é a maneira que os homens, máquinas e equipamentos estão dispostos em uma indústria. Silva (1983) refere-se ao leiaute como:

a disposição dos elementos produtivos de uma organização, em ambiente adequado, observando o fluxo racional do trabalho realizado, com o objetivo de obter economia de tempo e movimento e, como consequência, satisfazer pessoas, reduzir custos e aumentar produtividade dos recursos empregados na produção de bens e serviços. (SILVA, 1983, p.4)

Arranjo físico industrial é uma expressão muito mais abrangente do que o simples processo do arranjo físico da maquinaria, pois, diz respeito ao relacionamento dos processos entre si, ao projeto e arranjo físico global da fábrica, ao cálculo de dados de pessoal e planejamento é a avaliação das possibilidades de produção das máquinas. (PEMBERTON,1977, p.2). O arranjo físico geralmente é o primeiro aspecto que se observa ao entrar em um setor produtivo, pois ele determina a aparência da operação e quais os materiais são transformados. (CAMARA, 2008; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

De acordo com Silva (1983), o leiaute é importante para um empreendimento, pois exerce influência na execução e qualidade dos serviços, tornando-os mais ou menos eficientes. Vieira (1979) menciona que o planejamento de um leiaute é recomendável a qualquer tipo e porte de empreendimento, pois, obtém-se resultados na redução de custos de operação e no aumento de produtividade.

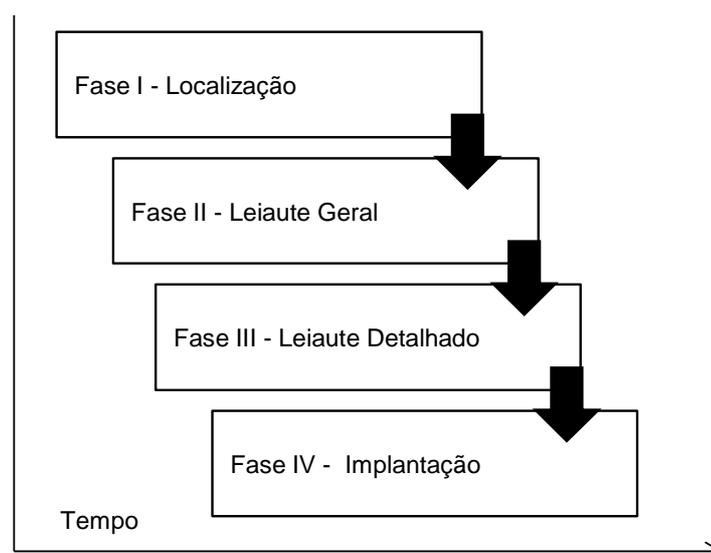
Silva (1983) relata que embora a elaboração do leiaute seja aparentemente simples, exigindo apenas bom senso na utilização dos espaços disponíveis, em algumas empresas o leiaute não é definido para atender o fluxo racional das atividades desenvolvidas, pois se limita a movimentar máquinas, equipamentos e móveis, atingindo uma disposição satisfatória. Slack, Chambers e Johnston (2009) mencionam que mesmo pequenas mudanças, como a localização de uma máquina, podem afetar o fluxo operacional e por sua vez a eficácia geral da produção.

Silva (1983), diz que a falta de planejamento ocasiona perda de tempo, ociosidade de equipamentos e interrupção do processo produtivo. Além disso, pode acarretar a subutilização de terrenos, altos custos para rearranjos, demolição de prédios, paredes ou estruturas que poderiam ser utilizadas. O tempo despendido no planejamento do arranjo físico antes de sua implantação evita que as perdas assumam grandes proporções e permite que todas as modificações se integrem segundo o programa global e coerente. (MUTHER, 1978).

De acordo com Muther (1978), os problemas de leiaute geralmente estão associados aos dois elementos básicos: produto e/ou quantidade. Estes dois elementos são importantes para a elaboração do leiaute juntamente com as informações sobre o processo produtivo, dimensionamento do tempo de operação e entrega, também são considerados os serviços ou áreas de apoio à produção.

Muther (1978) apresenta quatro fases para o planejamento do leiaute: localização, arranjo físico geral e arranjo físico detalhado. Logo, a fase I compreende a localização da área para o planejamento das instalações, normalmente associada ao terreno do empreendimento. A fase II estabelece a posição relativa entre as diversas áreas, enquanto que a fase III envolve a localização de cada máquina e equipamento. Na fase IV é realizado o planejamento da execução das atividades, movimentações de equipamentos, a fim de que sejam instalados conforme o planejamento. Na Figura 14 apresentam-se as etapas do planejamento do leiaute conforme o tempo de execução das fases.

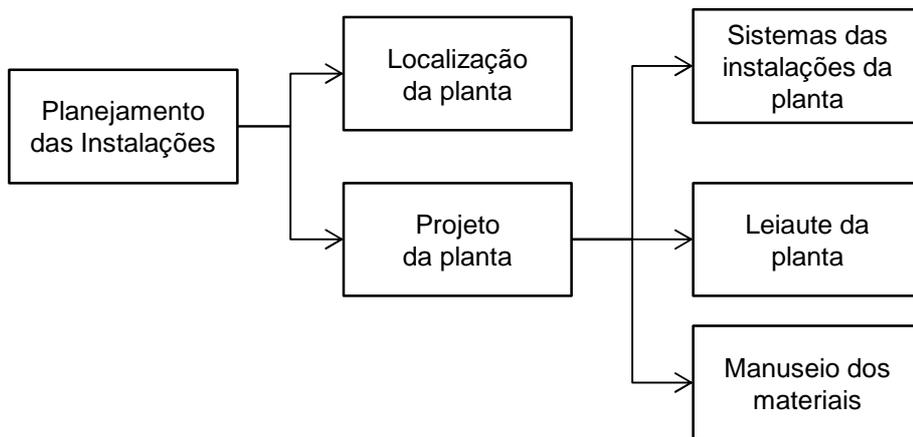
Figura 14 – Etapas do planejamento do leiaute



Fonte: Adaptado de Muther (1978)

Numa visão organizada, o planejamento do leiaute deve atravessar sete fases distintas: levantamento, elaboração de diagramas básicos, dimensionamento de áreas funcionais, elaboração de propostas, seleção de propostas, implantação e controle dos resultados. (SILVA, 1983). Tompkins et. al. (2013) refere-se que para o planejamento das instalações são necessárias as etapas de localização, projeto, sistema das instalações, arranjo físico e manuseio de materiais, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Etapas do planejamento de instalações



Fonte: Tompkins et al. (2013)

Para a elaboração de um arranjo físico é importante observar os principais fatores a serem considerados: material; máquinas; mão de obra; movimentação; armazenamento; edifício; mudanças possíveis; serviços auxiliares; legislações e normas vigentes relativas ao meio ambiente; processos produtivos e produto. (BORGES 2001). Qualquer leiaute depende dos objetivos estratégicos da operação em execução. No Quadro 5 destacam-se os requisitos gerais e relevantes.

Quadro 5 – Requisitos para um bom leiaute

| Requisitos | Descrição |
|-------------------------------|--|
| Segurança Inerente | Todos os processos que possam representar perigo devem ter acesso restrito aos autorizados. Saídas de emergências devidamente sinalizadas e desobstruídas |
| Extensão do fluxo | Minimizar distâncias percorridas pelos materiais a serem transformados e com fluxo constante, evitando cruzamentos e retorno de materiais. |
| Clareza no fluxo | Todo o fluxo de materiais deve ser sinalizado, podendo ser por meio de demarcações pintadas no piso, indicando rotas. |
| Conforto para os funcionários | Evitar localizar os funcionários próximos á áreas barulhentas ou desagradáveis da operação. O leiaute deve favorecer um ambiente bem iluminado e ventilado, sempre que possível agradável (limpo e organizado) |
| Acessibilidade | Todos os equipamentos, máquinas e instalações devem apresentar um nível de acessibilidade suficiente para limpeza e manutenção adequada. |
| Uso do espaço | Todos os leiautes devem permitir o uso adequado do espaço disponível para a operação, ou seja, fazer uso da área de piso e da altura. |
| Flexibilidade | O leiaute deve ser flexível à futuras modificações conforme haja necessidade da operação, como por exemplo, demanda de produto ou serviços. |

Fonte: Vieira (1979) e Slack, Chambers e Johnston (2009)

De acordo com Muther (1978) existem cinco elementos básicos sobre os quais o leiaute é planejado, são eles:

- a) Produto (P): o que é produzido ou feito.
- b) Quantidade (Q): o quanto de cada item é produzido.
- c) Roteiro (R): o processo, suas operações, equipamento e sequência.
- d) Serviço de suporte (S): recursos, atividades ou funções auxiliares que devem suprir a área em questão e que lhe darão condições de funcionamentos efetivos.
- e) Tempo (T): por quanto tempo, com que frequência e com que prazo.

O produto (P) e a quantidade (Q) são os elementos que definem as características principais do arranjo físico, decisões básicas quanto ao arranjo físico de um estabelecimento levam em consideração a quantidade de produtos e a quantidade de cada produto a ser realizado.

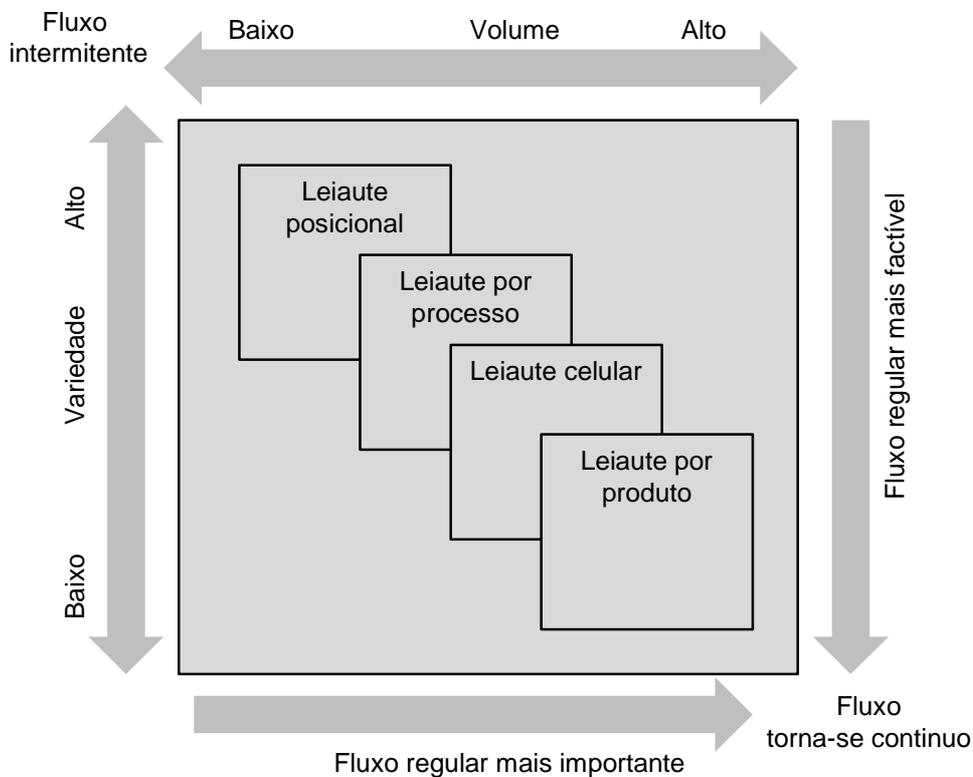
O roteiro (R) é importante, pois explica como os itens são produzidos, quais as transformações e qual a sequência na qual estas transformações devem ser realizadas. O roteiro pode ser definido através de listas de operação e equipamentos, cartas de processo e gráficos de fluxo.

Os serviços de suporte (S) são aqueles que não estão diretamente ligados à produção dos itens, porém, sem os quais a organização não funcionaria bem. Os serviços de suporte incluem manutenção, reparo de máquinas, os sanitários, alimentação, atendimento de primeiros socorros, setores de expedição e recebimento, escritórios e áreas de armazenamento.

O elemento tempo (T) tratadas questões como e quando produzir, quando o projeto do arranjo físico será executado e qual o tempo de operação. Quando as organizações buscam otimizar a utilização de seus recursos, o elemento tempo torna-se um aspecto principal no planejamento do arranjo físico.

Para Slack, Johnston, Chambers (2009), os processos são divididos conforme a relação P-Q, ou seja, diversificação de produtos e volume. Na Figura 16 estão apresentados os tipos de processos em ordem crescente de volume e decrescente de variedade.

Figura 16 – Relações volume, variedade e leiaute



Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2009)

Também segundo Slack, Johnston, Chambers (2009) estes são os conceitos envolvidos:

- a) Processo de projeto: produtos discretos, normalmente customizados e com tempo de produção longo. Há flexibilidade quanto às atividades realizadas durante a produção. Sua essência é que cada produto tem início e fim bem definidos. Os recursos transformadores são normalmente organizados de forma específica para cada produto.

- b) Processo de *jobbing*: similar em alguns aspectos ao processo de projeto, porém, em vez de possuir recursos mais ou menos dedicados a cada produto, os produtos devem compartilhar os recursos entre si. Embora todos os produtos exijam mesmo tipo de atenção, diferirão entre si pelas necessidades exatas. Produz mais itens e usualmente menores do que o processo de projeto.
- c) Processo em lote ou batelada: Como indica o nome, quando se produz, mais de um produto é produzido. O tamanho do lote pode ser pequeno, como de dois ou três produtos, assemelhando-se ao processo em *jobbing*, principalmente se cada lote for um produto totalmente novo; ou o tamanho do lote pode ser grande, e se os produtos forem familiares à operação, o processo pode ser relativamente repetitivo. Por este motivo, o processo em lote pode ser baseado em uma ampla gama de níveis de volume e variedade.
- d) Processo em massa: repetitiva e altamente previsível. Produz bens de alto volume e variedade relativamente estreita em termos dos aspectos fundamentais do projeto do produto. As diferentes variantes entre os produtos não afetam o processo básico de produção.
- e) Processo contínuo: situa-se um passo além do processo em massa pelo fato de operar com volumes ainda maiores e variedade menor. Normalmente opera por períodos de tempo longos. Às vezes é literalmente contínuo, já que o produto é inseparável e o fluxo é contínuo. Está muitas vezes ligado a tecnologias inflexíveis, de capital intensivo com fluxo altamente previsível.

Mapear os processos é o primeiro passo para que a organização conheça como cada etapa de um processo funciona na prática, possibilita conhecer e desenvolver os trajetos percorridos desde o desenvolvimento do trabalho até chegar ao resultado final, identificando e eliminando os gargalos, propondo melhorias para as tarefas e otimizando o tempo do processo. (ARNOLD, 1999 apud ROCHA, 2011).

Nesta etapa podem são utilizadas diferentes metodologias: fluxogramas ou diagramas de processos, os quais são baseados em símbolos estipulados *American Society of Mechanical Engineers – ASME* (1947) que representam ações no setor produtivo, por exemplo, uma seta indica o transporte de material, o círculo uma operação e o triângulo invertido significa um armazenamento de material. (MUTHER, 1978; SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2009, NEUMANN, SCALICE, 2015). O mapofluxograma representa a movimentação física de um ou de vários itens dentro do setor produtivo, numa sequência de rotina fixa. É desenhado

sobre a planta baixa demonstrando o percurso dos produtos a partir das informações do diagrama de processos. (NEUMANN, SCALICE, 2015).

Porto (2008) fez uso desta metodologia para mapear o processo produtivo de uma empresa fabricante de calçados, enquanto que Bergmann, Scheunemann e Polacinski (2012), utilizaram o diagrama de fluxo de processo como ferramenta de qualidade no processo de melhoria contínua para uma empresa de confecção de jalecos industriais. Brito et al.(2016) utilizaram a carta de multiprocessos e o mapofluxograma em um empresa de estofados em Aracaju. No Quadro 6 está demonstrado um exemplo de formulário para a elaboração do fluxograma.

Quadro 6 – Diagrama de fluxo de processos

| Diagrama de Fluxo de Processo | | | | |
|---|--------------------------------|-------------|----------------------------|--------------------------|
| Processo: Costura e Serigrafia/ Bordado | | | Produto: Jaleco Industrial | |
| Nº etapas | Descrição da atividade | Duração (s) | Tipo da Atividade | Distância percorrida (m) |
| 1 | Dobrar gola e fechar (reta) | 40 | ○ | - |
| 8 | Setor de serigrafia ou bordado | 25 | ⇒ | 15 |
| 29 | Revisar peça | 60 | □ | - |
| 32 | Expedição | 10 | ○ | - |
| | Total (segundos) | 1190 | | 60 |

Fonte: Adaptado de Bermann, Scheunemann e Polacinski (2012)

O leiaute relaciona-se ao tipo de processo, por meio da característica de volume ou variedade da operação que definirá o processo, organizando as atividades e processos de produção que melhor se adequa a realidade da empresa. (MUTHER, 1978; SLACK, CHAMBER, JONSTON, 2009). Os tipos básicos de leiaute são classificados em quatro: posicional; funcional; celular e produto.

O leiaute posicional, ou também conhecido por leiaute de posição fixa é de certa forma, uma contradição em termos, porque o produto fica parado enquanto que os funcionários, equipamento e máquinas se movimentam quando necessário. (VIEIRA, 1979; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Conforme Muther (1978) acontece quando o produto é volumoso.

O leiaute funcional, segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), é aquele que se conforma às necessidades e conveniências das funções desempenhadas pelos recursos transformadores que constituem o processo, ou seja, recursos ou processos similares são localizados juntos.

O leiaute celular é aquele que os recursos transformados são pré-selecionados para movimentar-se em uma parte específica da operação (célula), na qual todos os outros os recursos transformadores necessários a atender suas necessidades de processamento se encontram. A célula em si pode organizar-se segundo um arranjo físico por processo ou por produto. Depois de processado pela célula, o recurso transformado pode seguir para outra célula ou não. O arranjo físico celular é uma tentativa de trazer ordem ao complexo fluxo existente no arranjo físico por processo. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009)

O leiaute por produto, também é chamado de leiaute em linha ou fluxo, é normalmente aplicado em indústrias de montagem, porque as máquinas são arranjadas na sequência das operações a serem realizadas. O material move-se enquanto as máquinas permanecem fixas. Geralmente é a uniformidade dos requisitos do produto ou serviço que leva a operação a escolher este tipo de leiaute. (VIEIRA, 1979; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). A Figura 17 apresenta-se a relação entre os tipos de processo e tipos de leiaute.

Figura 17 – Relação entre o tipo de processos e tipos de leiaute

| Tipo de processo de fabricação | Tipo de leiaute básico | Tipo de processo de serviço |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Processo do projeto | Posição fixa do leiaute | Serviços profissionais |
| Processo do trabalho | Processo do leiaute | Serviços de lojas |
| Lote de processo | Leiaute da célula | Fluxos de serviços |
| Fluxo de processo | Leiaute do produto | |
| Processo contínuo | | |

Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2009)

A escolha do tipo de leiaute é definida pelas características de volume e variedade da operação. Ainda assim, mais de um tipo leiaute pode atender as necessidades de um mesmo tipo de processo. Por este motivo, após uma análise prévia de quais opções de leiaute são possíveis para a operação, devem ser analisadas as vantagens e desvantagens de cada uma das

opções para a operação. (MUTHER, 1978; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). O Quadro 7 resume as vantagens e desvantagens de cada tipo de leiaute.

Quadro 7 - Vantagem e desvantagem dos tipos de leiaute

| Leiaute | Vantagens | Desvantagens |
|------------|---|---|
| Posicional | Flexibilidade muito alta de mix e produto Produto ou cliente não movido ou perturbado Alta variedade de tarefas para a mão-de-obra | Custos unitários muito altos Programação de espaço ou atividades pode ser complexa Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão-de-obra |
| Funcional | Alta flexibilidade de mix e produto Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas Supervisão de equipamento e instalações relativamente fácil | Baixa utilização de recursos Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes Fluxo complexo pode ser difícil de controlar |
| Celular | Pode dar um bom equilíbrio entre custos e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta Atravessamento rápido Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação | Pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual Pode requerer capacidade adicional Pode reduzir níveis de utilização de recursos |
| Produto | Baixos custos unitários para altos volumes Dá oportunidade para especialização de equipamento Movimentação conveniente de clientes e materiais | Pode ter baixa flexibilidade de mix Não muito robusto contra interrupções Trabalho pode ser repetitivo |

Fonte: Adaptado Slack, Chambers e Johnston (2009)

Muther (1978) propôs um método sistemático de análise de projeto de leiaute funcional que se tornou popular, conhecido por método SLP, “*Systematic Planning Layout*” ou Sistemática de Planejamento de Leiaute. O modelo SLP e os leiautes se baseiam nos conceitos fundamentais:

- a) Inter-relação entre setores, que é a importância das proximidades entre as atividades;
- b) Espaço necessário para cada um destes, que aborda a quantidade, tipo e forma dos itens a serem posicionados;
- c) Adaptação do estudo às necessidades e restrições impostas, que é a organização das áreas e equipamentos da melhor maneira possível.

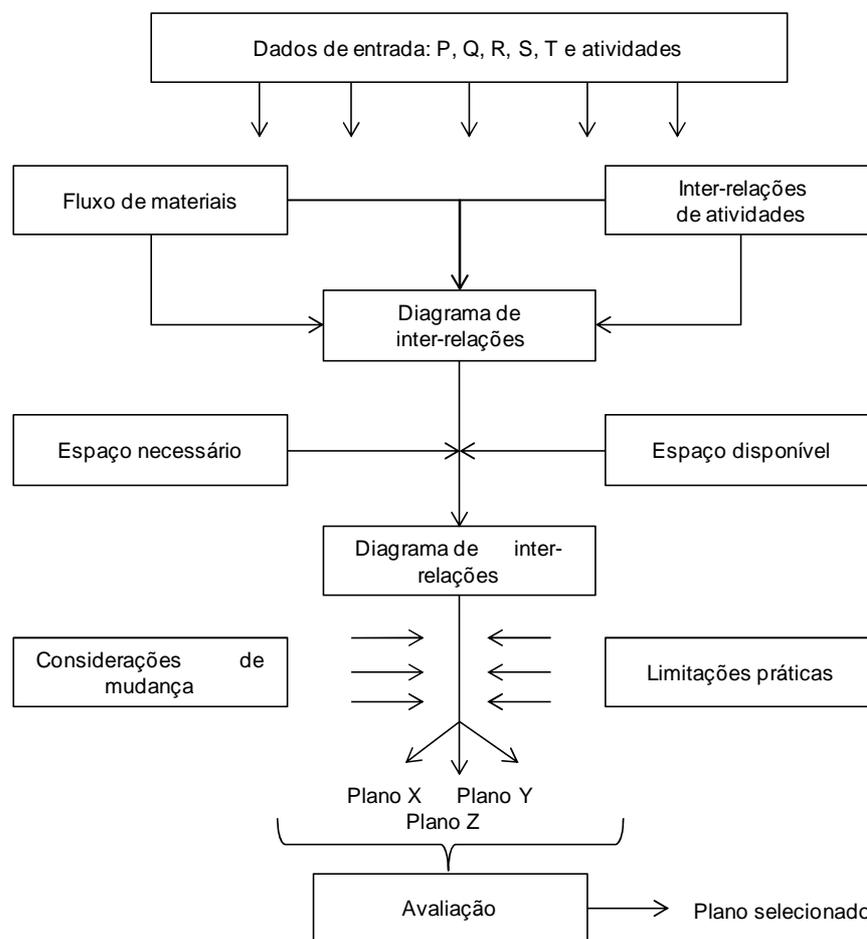
No Quadro 8 apresentam-se etapas do sistema de planejamento SLP e na Figura 18 está apresentado o resumo das etapas e dos procedimentos do sistema de planejamento SLP.

Quadro 8 – Etapas do planejamento SLP

| | Etapas | Possíveis ferramentas |
|---|---|--|
| 1 | Análise de fluxos de produtos ou recursos | Diagrama de fluxo ou Diagrama “de-para” |
| 2 | Identificação e inclusão de fatores qualitativos | Diagrama de atividades |
| 3 | Avaliação dos dados e arranjos de áreas de trabalho | Diagrama de arranjo de atividades |
| 4 | Determinação de um plano de arranjo dos espaços | Diagrama de relações de espaço |
| 5 | Ajuste do arranjo disponível | Planta do local e Modelo (<i>template</i>) |

Fonte: Adaptado Corrêa, Corrêa (2009)

Figura 18 - Etapas do planejamento por SLP



Legenda: P: produto; Q: quantidade; R: roteiro; S: serviços; T: tempo; XYZ: são alternativas

Fonte: Muther (1978)

Para Muther (1978) e Oliverio (1985) nove fatores devem ser estudados para obter-se um bom leiaute: material, infraestrutura, equipamentos, mão de obra, movimentação, esperas, serviços, edifício, mudanças.

Slack, Chambers e Johnson (2002) afirmam que o Diagrama de Processo é utilizado para documentar o processo que está sendo analisado, registrando as sequências das tarefas e

relações de tempo entre diferentes partes de um trabalho e movimentação de pessoal, informações ou materiais de trabalho. Para isto, utilizam-se três técnicas conforme apresentado no Quadro 9.

Quadro 9 – Tipos de diagrama de processos

| Processo | Descrição |
|---|---|
| Diagrama de Processo Global | É a confecção de um Diagrama de Fluxo de Processo. Nele utilizam-se apenas os símbolos de operação e inspeção. |
| Diagrama de Fluxo de Processo | Registra-se a sequência do processo e descreve todos os eventos que ocorrem neste processo. Esta descrição localiza-se ao lado direito do símbolo que representa cada atividade. Nela, estão inseridas as informações do que é feito em cada atividade, o tempo de execução prevista ou realizada. |
| Diagrama de Processo de Duas Mãos ou Gráfico de Operações | Representa a sequência de processo de um posto de trabalho, que se utiliza de trabalho manual, utilizando os mesmos princípios dos diagramas de processos globais e fluxos de processo. Utilizam-se os mesmos símbolos, porém o símbolo de atraso indica que a mão do operador está esperando para realizar sua próxima tarefa, e o símbolo de estocagem é utilizado quando a mão do operador está segurando uma peça ou documento. |

Fonte: Adaptado Slack, Chambers e Johnson (2009)

Para o fluxo de materiais utiliza-se o diagrama montado de Produto por Quantidade, Diagrama (P-Q), como base para escolher o método mais adequado para se fazer a análise do fluxo de materiais. No Quadro 10 apresentam-se três técnicas.

Quadro 10 – Tipo de diagramas para o fluxo de materiais

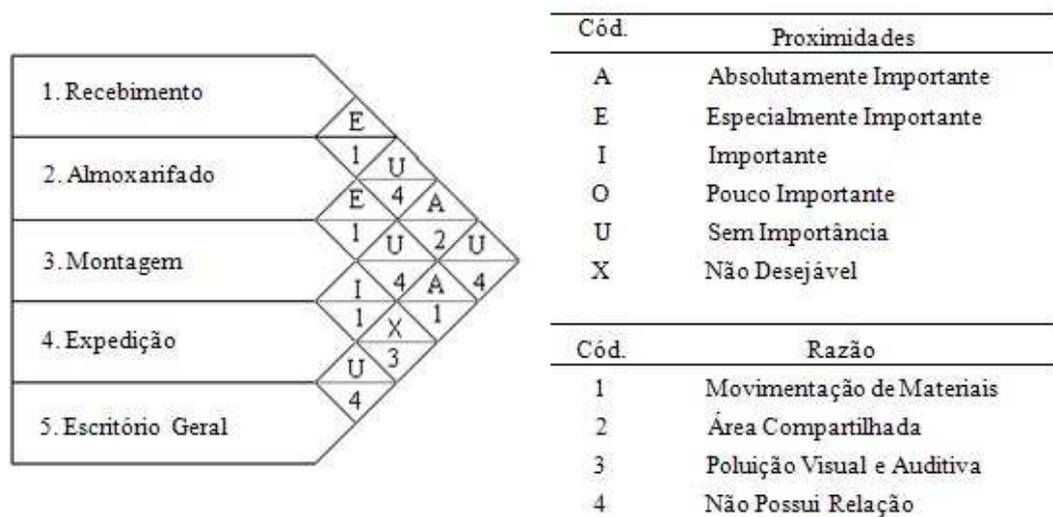
| Processo | Descrição |
|------------------------------|--|
| Carta de Processos | Utiliza-se para poucos produtos de grande volume de produção. É a descrição do processo de fabricação em um fluxograma que utiliza símbolos apropriados, faz o caminho da matéria prima até a expedição do produto acabado. |
| Carta de Processos Múltiplos | Aplica-se para produtos numerosos e processos semelhantes e quando não há montagem. Semelhante ao método anterior, mas descreve várias linhas de produção paralelamente, para isso devem possuir processos de fabricação semelhantes. Os produtos são listados na horizontal e os processos na vertical. |
| Carta De-Para | Utiliza-se para muitos produtos altamente diversificados e de baixo volume. É necessário listar todas as operações do processo produtivo e colocá-las na mesma sequência no eixo da horizontal e da vertical. |

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnson (2009)

De acordo com Muther (1978) para se elaborar um leuete de um empreendimento, além do estudo do fluxo de materiais, é importante realizar a análise da relação entre os setores. Esta relação é obtida através da Carta de Interligações ou inter-relações preferenciais. Com este documento, podem-se integrar serviços de apoio aos departamentos de produção, visualizado o nível de relação entre as atividades, sua importância e justificativa.

A carta de inter-relação, também é conhecida por mapa de relacionamento, consiste em uma matriz triangular onde se apresenta o grau de proximidade e razão de importância entre cada par de atividades, áreas ou funções. Na linha da matriz são elencados os setores a que compõe o leiaute. Nas interseções entre as linhas na parte triangular da matriz são registradas as relações, ou afinidades entre os setores e na parte inferior são registrados as justificativas das proximidades. A classificação das inter-relações utiliza as letras A, E, I, O, U e X, as quais representam, respectivamente, os graus de importância entre os setores. (MUTHER, 1978; NEUMANN, SCALICE, 2015). Silva e Moreira (2009) utilizaram a metodologia da carta de multiprocesso e o diagrama de relacionamento para a reformulação do leiaute de uma empresa do setor moveleiro. Brito et al.(2016) fez uma proposta de melhoria no leiaute de uma estofaria utilizando este método. A Figura 19 apresenta a metodologia da carta de inter-relações preferenciais.

Figura 19 – Carta de inter-relações preferências



Fonte: Adaptado de Muther (1978)

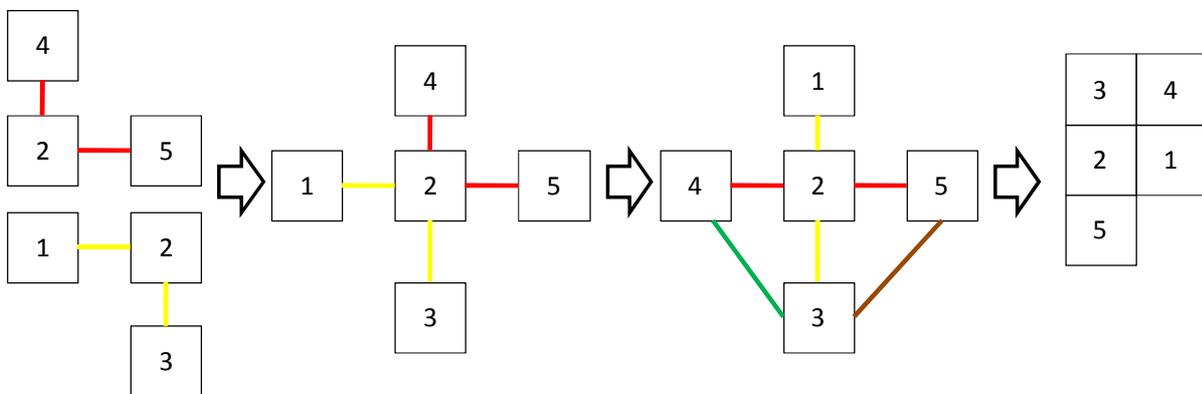
A partir disto, é possível elaborar o diagrama de relacionamento. Nesta etapa, utilizam-se símbolos, para representar as atividades, e códigos de linha, para indicar o grau de proximidade entre estas, conforme o Quadro 11. Na Figura 20 está ilustrado a construção do o diagrama de relacionamento e consequentemente o leiaute inicial, conforme a convenção e a carta de inter-relação.

Quadro 11 – Convenção de proximidades

| Classificação | Inter-relação | | Cor |
|---------------|--------------------------|-------|----------|
| A | Absolutamente necessária | ===== | Vermelho |
| E | Muito importante | ===== | Amarelo |
| I | Importante | ===== | Verde |
| O | Pouco importante | ===== | Azul |
| U | Desprezível | ----- | - |
| X | Indesejável | ~~~~~ | Marrom |

Fonte: Adaptado de Muther (1978), Neumann e Scalice (2015)

Figura 20 – Construção do Diagrama de relacionamento e leiaute inicial



Fonte: Adaptado de Muther (1978)

Inicialmente são realizadas separadamente as relações A e E, em vermelho e amarelo. Depois são agrupadas. Logo, são adicionadas as relações I e O e as demais se forem necessárias, conforme cada leiaute. Deve-se evitar a sobreposições das linhas, portanto as modificações são feitas quantas vezes forem necessárias. Sendo assim, tem-se a localização dos setores para serem transferidos para o leiaute. (MUTHER 1978; CORRÊA, CORRÊA, 2009; NEUMANN, SCALICE, 2015).

Segundo Côrrea e Côrrea (2009) a determinação do espaço é similar a etapa anterior, no entanto, são consideradas as áreas, que são representadas com retângulos proporcionais as áreas requeridas de cada setor. Para Neumann e Scalice (2015) pode-se realizar a sobreposição do diagrama de relacionamento sobre as áreas representadas pelos retângulos.

O levantamento da necessidade de área física é fundamental para a elaboração de um bom arranjo físico. Para determinação dos espaços, devem-se estabelecer as áreas para as atividades envolvidas e adaptar ao diagrama de inter-relação e/ou fluxo. Para o cálculo de áreas é importante determinar máquinas e equipamentos utilizados na empresa. Quando necessário, pode-se registrá-los em fichas adequadas, contendo dimensões do produto, espaço utilizado, suprimento, especificações técnicas e outros. (ROCHA, 2011).

A somatória dos espaços necessários deve ser igual ou menor ao espaço disponível. Caso contrário, devem ser tomadas medidas para ampliar as instalações, que podem ser feitas aumentando horas de trabalho, melhorando processos, verticalizando a produção e armazenagem, etc. (ROCHA, 2011).

O Diagrama de Inter-relações entre espaços utiliza o diagrama de fluxo e as áreas necessárias para cada atividade. Para a definição do espaço de cada setor da produção segue-se os passos apresentados no Quadro 12, após a definição das afinidades.

Quadro 12 – Etapas para a definição do espaço

| Etapas | Descrição |
|---------------------------------------|---|
| I - Planejamento do Espaço | Todo o espaço necessário é planejado: espaços para máquinas e respectivas manutenções, o fluxo de pessoas e materiais são verificados para satisfazerem esta necessidade. |
| II - Planejamento Primitivo do Espaço | Logo após é realizado é verificada a disposição das unidades com a integração das suas necessidades de espaço, baseada no Diagrama de Configurações. |
| III. Análise das Limitações | Após são verificadas as limitações do leiaute, que são as condições que interferem na elaboração de um plano ideal de espaço. Por exemplo, o formato da edificação. |
| IV. Planejamento do Macro-Espaço | A partir deste momento, espaço pode ser definido. Lee (1998) considera que a planta baixa do local onde será instalado ou reelaborado o novo leiaute é de suma importância nesta etapa do processo. Todas as limitações do projeto também devem estar bem definidas e analisadas, para que se tenha um processo eficaz. |

Fonte: Rocha (2011)

2.3.1 Requisitos do leiaute no fluxo produtivo de REEE

Tompkins et al. (2013), refere-se à entrada de materiais, como o ato apenas de colocar o material no local correto. O autor define área de recebimento como o conjunto de atividades envolvidas em recebimento ordenado de todo e qualquer material que chega ao local, onde deve ser verificada a quantidade e qualidade do material e por fim destiná-lo a área de armazenamento para depois ser manipulado. Conde, Xavier e Frade (2014), mencionam que a entrada é aonde chega o REEE, que pode ser ingressada no prédio por meio de uma porta ou portão amplo, permitindo o deslocamento do palete por meio de empilhadeira, se for o caso. Também é o local onde são realizados os procedimentos de identificação e agendamento a fim de possibilitar a rastreabilidade dos resíduos e/ou insumos.

A área de triagem é definida como uma área ou bancada para teste do resíduo que está chegando à empresa. Necessita-se da disposição de ferramentas com fácil acessibilidade por parte dos técnicos, localização de pontos de energia para funcionamento dos equipamentos

necessários para o teste e a manta antiestática⁴ recobrimo a bancada. (CONDE; XAVIER; FRADE, 2014). Por outro lado, Albuquerque (2013) verificou que uma das cooperativa apresentava situação precária oferecendo risco aos trabalhadores. Ao receberem REEE, separam os materiais recicláveis e armazenam as placas de circuito impresso.

Se necessário pode haver uma área para atividades de reparo e manutenção, para fins de reuso do equipamento, mas a reutilização destes componentes é limitada, por serem tecnologicamente inferiores ou incompatível com equipamentos novos. Do contrário os equipamentos são encaminhados ao armazenamento de REEE próximo à bancada de desmontagem. (PACHECO, 2013; CONDE; XAVIER; FRADE, 2014).

O pré-processamento consiste na desmontagem de partes, peças e componentes que podem ser reaproveitados em outros equipamentos de reuso, ou seja, a desmontagem consiste na segregação dos metais ferrosos, não ferrosos de plásticos, reciclagem e recuperação de materiais de maior valor econômico, por fim o tratamento e disposição dos resíduos perigosos. (PACHECO, 2013; CONDE; XAVIER; FRADE, 2014). Segundo, Kunrath (2015) algumas empresas operam na coleta, desmontagem e descaracterização dos resíduos, mas não realizam o processo completo, enviando a outras empresas os equipamentos parcialmente desmontados.

A próxima etapa é o processamento, é quando os materiais separados no pré-processamento seguem para o armazenamento conforme as características (tipo). Materiais como plástico e metal seguem para respectivas indústrias de reciclagem. Os cinescópios (tubos de monitor tipo CRT), cabos que exigem descontaminação e separação de materiais e as PCI são armazenados separadamente e posteriormente encaminhados a etapas específicas de separação mais refinada. (PACHECO, 2013). Esta etapa exige mais cuidados na proteção individual e coletiva. Nesse setor recomenda-se, o uso dos seguintes EPIs: óculos de segurança, luvas, avental, máscara para proteção de poeira fina e máscara de soldador. Em alguns locais, recomenda-se uso de equipamento de proteção coletivo (EPC), tais como, câmara de fluxo laminar (pressão negativa) e luvas de aço no manuseio de ferramentas perfuro-contantes.(CONDE; XAVIER; FRADE, 2014).

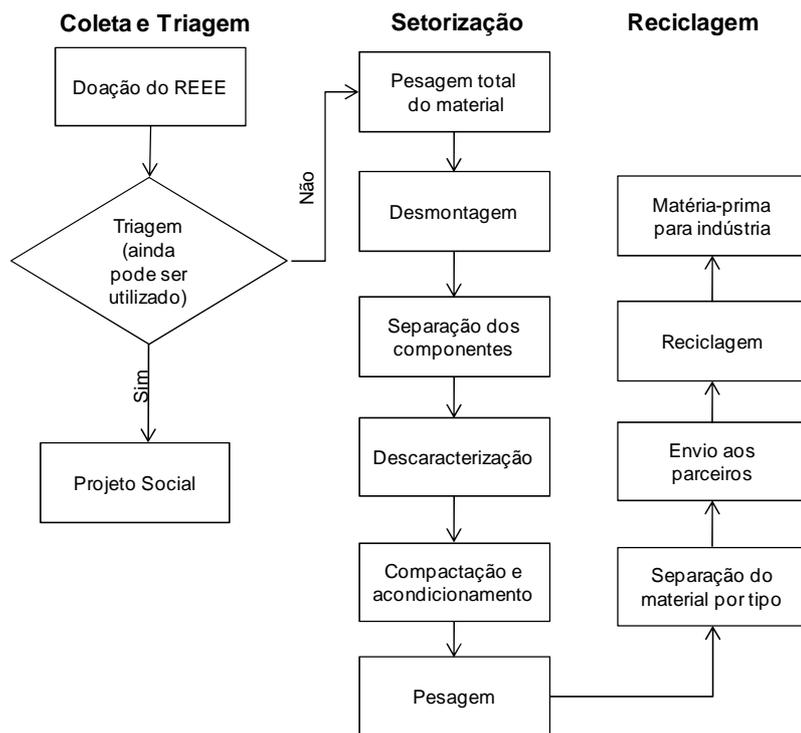
Segundo Conde, Xavier e Frade (2014), a área destinada ao armazenamento pós-processamento é reservada aos materiais devidamente separados e prontos a serem encaminhados à indústria de reciclagem. Os materiais devem ser acondicionados em caixas, tambores, *bags*, *bigbags*, de preferência em paletes para facilitar o transporte e a organização

⁴Elaborada em borracha durável, utilizada como dissipador/condutor de ESD inglês (*ElectroStaticDischarge*) em bancadas e estações eletrônicas de trabalho, acompanha botão para dar suporte ao devido aterramento.

do ambiente. Outros materiais com rotatividade e gerados em grande quantidade e volume podem ficar armazenados em caçambas na área externa ao leiaute, para dinamizar o escoamento, como é o caso do ferro. O espaço de armazenamento é um entrave significativo, para a expansão de projetos, é o caso do CEDIR, pois as empresas receptoras dos REEE exigem uma quantidade mínima para a retirada lucrativa. (ALVES, 2015).

Conforme Tompkins et al. (2013), muitos princípios de boas práticas de recebimento também se aplicam inversamente a expedição, ou seja, a saída pode ser a mesma infraestrutura da área de entrada do REEE, mas visando a organização da empresa, recomenda-se o procedimento operacional para controle de entradas e saídas de materiais para evitar confusões durante as atividades. Para exemplificar a sequência das atividades dentro de um leiaute, a Figura 21 apresenta o fluxo do CEDIR.

Figura 21 – Fluxo do CEDIR



Fonte: Adaptado de Carvalho (2014)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

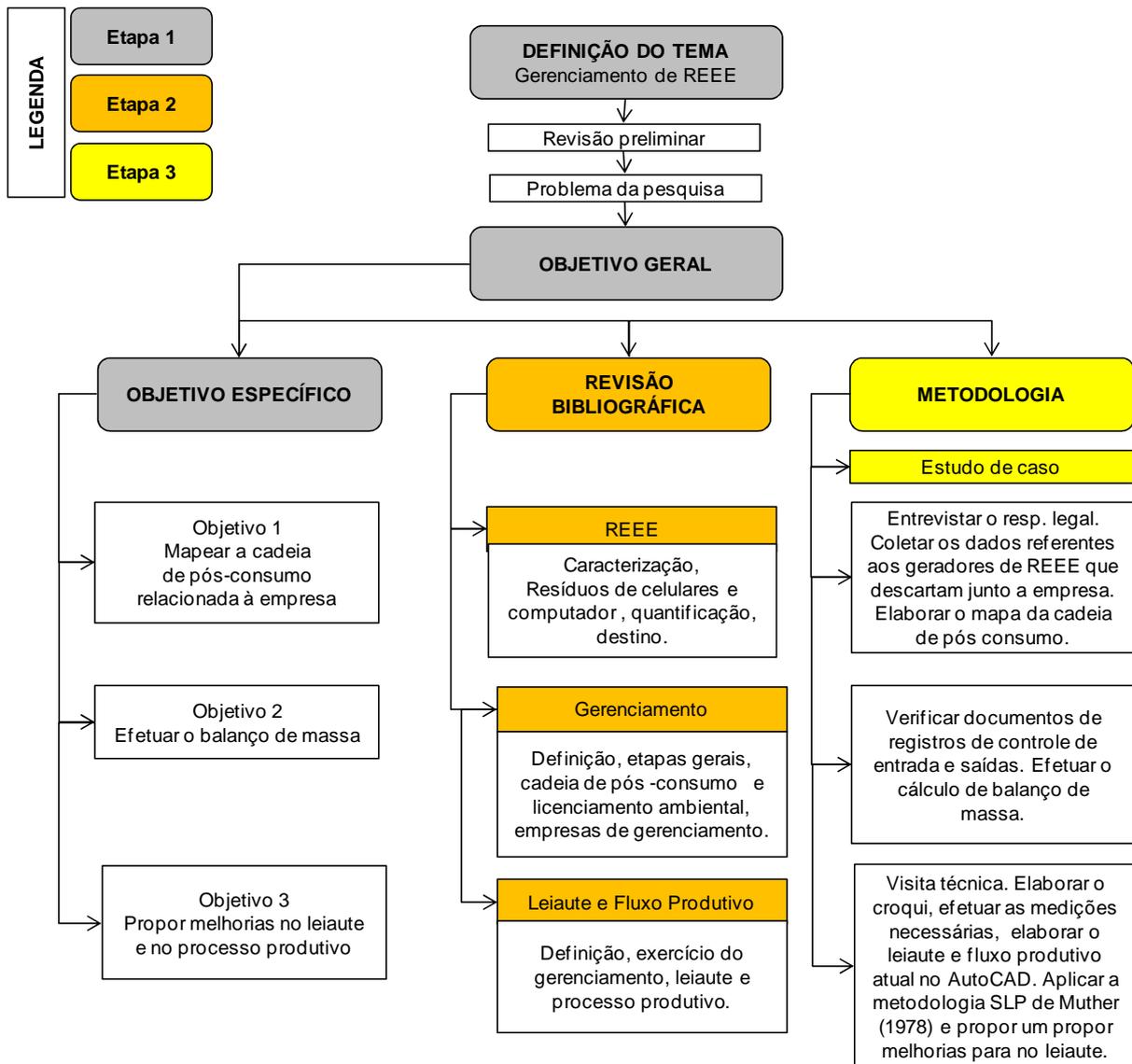
Neste capítulo apresentam-se os métodos adotados para o desenvolvimento desta pesquisa.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O tipo de pesquisa a ser utilizado será a pesquisa exploratória, a qual proporciona familiaridade com o problema em estudo. Também é caracterizada como descritiva, pois os fatos são observados, registrados, analisados e interpretados. (BOAVENTURA, 2011).

O método de pesquisa é um o estudo de caso, com o intuito de verificar as relações entre o referencial teórico e a realidade praticada. Segundo Gil (2010), o estudo de caso refere-se a um individuo inserido em um contexto definido, mas a amplitude deste conceito permite referir-se uma organização. O autor ainda refere-se à elaboração do protocolo, que é o documento que trata de todas as informações e decisões importantes que podem ocorrer e contribuir durante o desenvolvimento da pesquisa, resumindo é um documento de autorização para acordo das partes para realizar a pesquisa no local escolhido. Neste caso, foi realizado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, o qual autoriza a pesquisa, conforme exigências do Comitê de Ética da Universidade (Anexo A). A Figura 22 apresenta a estrutura da pesquisa proposta para este estudo.

Figura 22 – Estrutura da pesquisa



3.2 ESTUDO DE CASO

Para a seleção da empresa de gerenciamento de REEE foram utilizados os critérios de localização, *marketing* no mercado e as possibilidades de disponibilizar as informações para o desenvolvimento da pesquisa. Então, inicialmente fez-se uma pesquisa virtual para descobrir as empresas atuantes na região do Vale do Rio dos Sinos. Foram encontradas duas empresas de gerenciamento de REEE. Então, fez-se contato telefônico para convidá-los a participar da pesquisa, mas somente uma demonstrou interesse em participar.

O estudo de caso foi desenvolvido no empreendimento Otser Comércio de Resíduos e Sucatas Ltda., CNPJ 10.368.716/1000-08, localizado na Avenida dos Municípios nº 7360,

Figura 24 – Mapa de situação da Otser no município de Campo Bom



Fonte: *Google earth* (2015)

3.2.1 Coleta preliminar de informações

Para iniciar a aplicação da metodologia para atender os objetivos propostos e também para apropriar-se das atividades e do funcionamento da empresa foi necessário realizar uma entrevista semiestruturada com o responsável legal. Esta serviu para coletar o máximo de informações relevantes a todos os objetivos propostos num único momento antes de começar as atividades. O Quadro 13 apresenta a entrevista semiestruturada realizada com o responsável pela empresa.

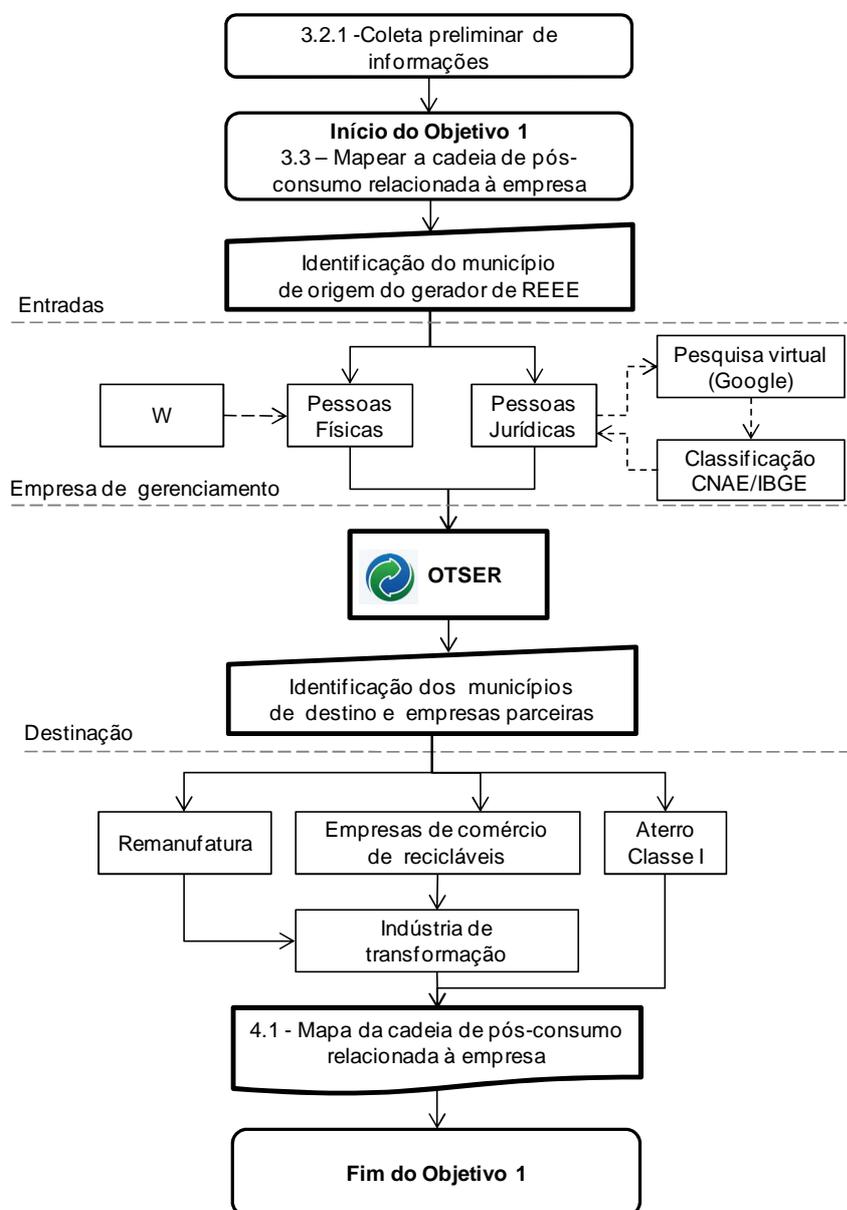
Quadro 13 – Roteiro para entrevista

| Quadro 13 - Entrevista semiestruturada – Coleta de Informações Gerais | | |
|---|---|-----|
| Responsável Legal: Marcus Palma | | |
| Itens | Questionário | Qtd |
| Aspecto Administrativo - Gerencial | 1. Quantos municípios são atendidos pela empresa? Identificá-los. | |
| | 2. Quantas pessoas jurídicas participam do descarte ambientalmente adequado? | |
| | 3. Há registro de pessoas físicas que realizam o descarte ambientalmente adequado? Quantas normalmente o fazem? | |
| | 4. As instituições de ensino participam do descarte ambientalmente adequado? Quantas? | |
| | 5. Quais as ações /campanhas/formas de coletas exercidas? Identificar | |
| | 6. Existe registro de periodicidade para coleta em cada município? | |
| | 7. Existe registro de periodicidade para coleta nas empresas? | |
| | 8. Existe registro de periodicidade para coleta nas instituições? | |
| | 9. Qual a periodicidades com que eles resíduos saem da empresa? Descrever conforme cada tipo (Classe I e II). | |
| | 10. É necessário atingir volume/peso dos materiais para expedi-los? Quanto? Descrever para cada tipo de resíduo: Classe I e II. | |
| | 11. A empresa de gerenciamento é responsável pelo transporte? | |
| | 12. Qual o tipo de veículo é utilizado? | |
| | 13. Os veículos são próprios da empresa? Quantos veículos são utilizados? | |
| | 14. Há meta pré-estabelecida por funcionário para a produção? Quanto? (Dia/Mês) | |
| Aspecto Operacional | 15. Existe procedimento para a coleta (aguarda o contato ou são ações pré-determinadas)? Qual? Contato telefônico e e-mail | |
| | 16. Existe procedimento para transportar o REEE? Qual? | |
| | 17. Quais são as etapas do fluxo produtivo do REEE na empresa? Comercial/Coleta/Recebimento/Desmontagem/Expedição | |
| | 18. Existe procedimento para a entrada do REEE na empresa? Explique. | |
| | 19. Após a segregação, os materiais recicláveis são armazenados separadamente conforme o tipo? | |
| | 20. Quais são os materiais segregados que são recicláveis? | |
| | 21. Quais são os materiais ou partes que são consideradas rejeito pela empresa? | |
| | 22. Existe espaço (ou recipiente) destinado aos resíduos classe I (perigosos)? | |
| | 23. Existe espaço (ou recipiente) destinado aos rejeitos? | |
| | 24. Existe procedimento para a expedição do material reciclável, perigosos e rejeito? Explique-os. | |
| | 25. Existe procedimento para a ordem de desmontagem? Descrever como é realizado? (Lote/Data) | |
| | 26. Existe registro do tempo utilizado para a desmontagem de cada REEE? | |
| | 27. Os funcionários recebem treinamento para exercerem suas atividades? | |
| | 28. O leiaute da empresa está adequado, ou pode ser melhorado? Pode ser melhorado. | |
| | 29. As áreas de armazenamento são adequadas para a produção atual? | |

3.3 Metodologia para atender o objetivo 1 – Mapear a cadeia de pós-consumo relacionada à empresa

Após a entrevista semiestruturada, solicitou-se à empresa a relação dos seus clientes, ou seja, dos geradores de REEE que realizaram e descartes de resíduos entre o período de 2011 e julho de 2016. Diante disto, realizou-se o fluxograma apresentado na Figura 25 para auxiliar no desenvolvimento das etapas do trabalho.

Figura 25 – Fluxograma da metodologia para atender o objetivo 1



Legenda: Utilizou W para pessoas físicas

A empresa disponibilizou dois arquivos digitais, sendo um com as seguintes informações: nome fantasia ou razão social e os respectivos municípios de origem das coletas de REEE, bem como, as empresas e municípios de destino final para onde foram encaminhados os resíduos classe I - perigosos e II B – não perigosos/inertes, o que permitiu a identificação da cadeia de pós-consumo relacionada à Otser. Já o outro arquivo referia-se ao controle de descarte por ano, incluindo o número de descartes e quantidades de resíduos descartados por gerador. Logo, foram selecionados somente os dados relativos aos municípios que pertencem à região do Vale do Rio dos Sinos, o que possibilitou identificar o número de geradores de REEE por município.

Os geradores de REEE foram divididos em pessoas físicas e jurídicas. As pessoas jurídicas foram classificadas de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) versão 2.0 de 2006 do IBGE e para representar as pessoas físicas e computá-las foi adotada a letra W porque esta letra não é utilizada pelo CNAE. No Quadro 14 apresenta-se o código da CNAE, enquanto que a descrição e outros esclarecimentos encontram-se no *site* <http://cnae.ibge.gov.br/estrutura/atividades-economicas-estrutura/cnae>.

Quadro 14 – Identificação das atividades econômicas

| Código | Atividade econômica | Código | Atividade econômica |
|---------------|--|---------------|--|
| A | Agricultura, pecuária, produção florestal e aquíicultura | L | Atividades imobiliárias |
| B | Indústria extrativista | M | Atividades profissionais, científicas e técnicas |
| C | Indústria de transformação | N | Atividades administrativas e serviços complementares |
| D | Eletricidade e gás | O | Administração pública, defesa e seguridade social |
| E | Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação | P | Educação |
| F | Construção | Q | Saúde humana e serviços sociais |
| G | Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas | R | Artes, Cultura, esporte e recreação |
| H | Transporte, armazenagem e correio | S | Outras atividades de serviços |
| I | Alojamentos e alimentação | T | Serviços domésticos |
| J | Informação e comunicação | U | Organismos internacionais e outras instituições extraterritoriais. |
| K | Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados | | |

Fonte: IBGE - CNAE (2006)

Para o enquadramento do CNAE foi necessário realizar a pesquisa virtual no *site* <http://www.google.com> utilizando a composição de palavras chaves: nome da empresa, cidade e CNPJ. No entanto, a pesquisa foi redirecionada para os outros *sites* que foram utilizados de forma associada ou individual, são eles: <http://www.empresascnpj.com>, <http://www.foneempresas.com>, <http://www.econodata.com.br> e <http://empresasdobrasil.com>. Estes *sites* foram importantes para a obtenção dos dados cadastrais das pessoas jurídicas, tais como: endereços, natureza jurídica, CNPJ e a subclasse do CNAE. As subclasses são números que identificam o enquadramento na seção da CNAE, e foram inseridos no *site* do IBGE, <http://www.cnae.ibge.gov.br/>, para identificar a qual grupo de atividade econômica a pessoa jurídica pertencia.

Os dados obtidos durante pesquisa foram transferidos para um quadro que contém informações detalhadas sobre a pessoa jurídica, como por exemplo, razão social, CNPJ, endereço e telefone, além das informações apresentadas no Quadro 15. Por questões éticas e de sigilo foi adotado uma sequência numeral para a identificação do gerador ou destinador final na apresentação dos resultados.

Quadro 15 – Identificação da cadeia de pós-consumo relacionada à Otser

| Município | Ano de descarte | Gerador | Natureza jurídica | Atividade primária | Código de atividade econômica | Descrição da atividade |
|-----------|-----------------|---------|-------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Após o levantamento das todos os geradores, fez-se uma planilha síntese demonstrando a relação do gerador conforme o município e o código segundo a classificação da CNAE, conforme demonstrado no Tabela 2.

Tabela 2 – Planilha síntese dos geradores classificados conforme CNAE e pelos municípios

| Descrição dos Municípios | Classificação | | | | Total | |
|--------------------------|---------------|---|---|--------|-----------------|------|
| | A | B | C | Outras | Disponibilizado | CNAE |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Total | | | | | | |

O arquivo referente ao controle de descarte por ano permitiu analisar a frequência e as quantidades de REEE destinados à Otser por pessoa jurídica ou física por ano. No entanto, transferiu-se a informação relativa ao código de atividade econômica do Quadro 15 para a Tabela 3 para facilitar a quantificação dos códigos da CNAE com as respectivas quantidades de REEE recolhidas pela Otser por ano. As demais informações foram disponibilizadas pela empresa conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Controle de coleta de REEE pela Otser

| Descrição dos municípios | Ano | Número° de participações dos geradores (un) | Massa descartada (kg) | Número de descarte realizados (un) | Código de atividade econômica (CNAE) |
|--------------------------|-----|---|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Ao finalizar o preenchimento da Tabela 3 para todos os municípios da BHRS, fez-se uma planilha resumo para verificar as participações dos geradores no descarte, segundo os respectivos municípios e por ano, conforme a Tabela 4. Em seguida, foi elaborada outra planilha com o resumo das informações referentes ao número de participação dos geradores, quantidades relativas ao descarte e massa descartadas conforme a Tabela 5.

Tabela 4 – Planilha síntese do controle anual segundo a participação dos geradores (unidades)

| Descrição dos municípios | Ano | | | | | | Total | |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | Disponibilizado | CNAE |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Pessoa física | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | |

Tabela 5 – Planilha síntese em relação ao controle de coleta de REEE

| Descrição dos municípios | Número° de participações dos geradores (un) | Massa descartada (kg) | Número de descartes realizados (un) |
|--------------------------|---|-----------------------|-------------------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Ao concluir a etapa de identificação dos agentes envolvidos na cadeia de pós-consumo relacionada à empresa de gerenciamento de REEE, bem como, os municípios de origem do REEE e os de destinos dos resíduos classe I – perigosos e II B – não perigosos/inerte, foi realizado o mapeamento da cadeia de pós-consumo, por meio de um fluxograma semelhante aos desenvolvidos por Rodrigues (2007), Albuquerque (2013) e Kunrath (2015) citados no capítulo 2.2 da revisão bibliográfica.

3.4 Metodologia para atender o objetivo 2 – Efetuar o balanço de massa da empresa

A Otser possui controle de entrada e saída de REEE e resíduos classe I – perigosos e II B – não perigosos/inerte. Para realizar o objetivo 2, o responsável pela Otser disponibilizou dois arquivos digitais, um de controle de entrada de resíduos, REEE, classe I e II B e outro relativo as saídas destes. O período monitorado foi de nove meses, ou seja, de janeiro a setembro de 2016. Para atender este objetivo foram considerados todos os municípios que realizaram o descarte junto à empresa, bem como, a coleta por meio de ações públicas ou privadas que incentivaram o descarte, seja de pessoas físicas e/ou jurídicas.

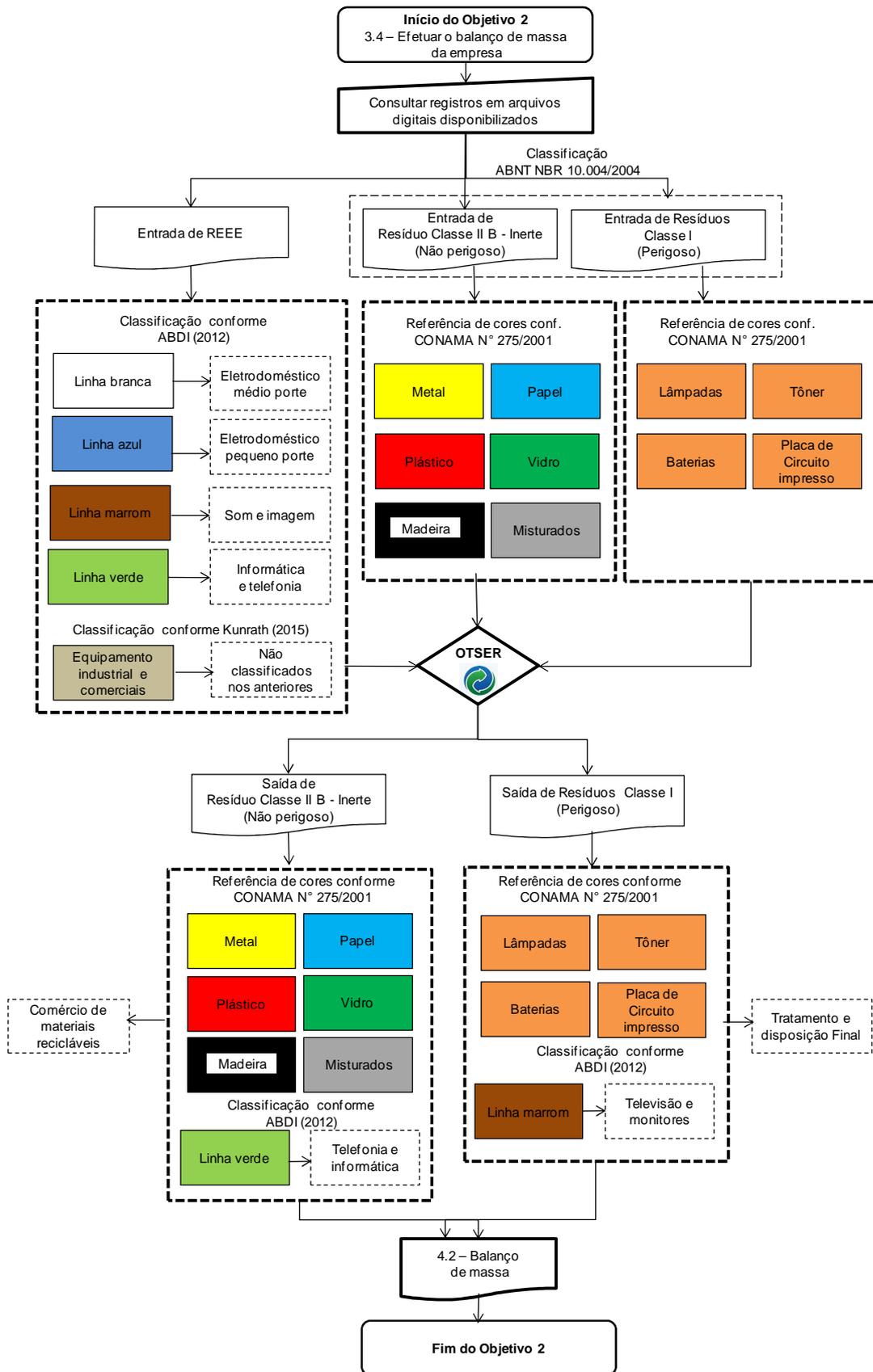
Adotou-se a nomenclatura utilizada pela ABDI (2012) para a classificação comercial dos EEE e a utilizada por Kunrath (2015) para os equipamentos que não se enquadram na classificação anterior. Os resíduos sólidos foram classificados de acordo a ABNT NBR 10.004/2004 e para a elaboração da Figura 26 foram utilizadas as cores referentes aos resíduos segundo a Resolução CONAMA n° 275/2001, conforme Quadro 16.

Quadro 16 – Classificação dos resíduos sólidos

| Classificação | Subdivisão | Descrição | Referência |
|------------------------------------|-----------------------------|--|---|
| Linha Branca | - | Equipamentos de grande e médio porte. Ex.: ar condicionado e forno elétrico. | ABDI (2012) |
| Linha Azul | - | Eletrodoméstico de pequeno porte e portáteis. Ex.: ferro de passar roupa e liquidificador. | ABDI (2012) |
| Linha Marrom | Televisores e monitores | Equipamentos de imagens. | ABDI (2012) |
| | Outros | Equipamentos de som e imagens. Ex. Rádio, câmeras fotográficas. | |
| Linha Verde | Informática | Computadores, acessórios, partes e peças. Ex.: <i>Desktop, notebook, mouses</i> , fios, cabos, fontes, teclados, entre outros. | ABDI (2012) |
| | Telefonia | Telefones e acessórios. Ex.: telefones fixos e móveis, <i>tablet</i> , fax, fone de ouvido. | |
| | Impressora e semelhantes | Ex.: Impressoras, copiadora, máquina de escrever, <i>scannes</i> , | |
| | Placas de circuito impresso | Ex.: placas: mãe, de vídeo, eletrônicas, memórias entre outras. | |
| Equipamento Industrial e Comercial | - | Equipamentos de uso comercial e industrial e que não se enquadram nas classificações anteriores. Ex.: leitores de: cartão, cheque, luminárias, cortador de papel, disjuntor, grampeador, entre outros. | Kunrath (2015) |
| Resíduos Classe I | Baterias, pilhas e tóner | São os denominados perigosos. | ABNT NBR 10.004/2004 |
| | Lâmpadas | São os denominados perigosos | |
| Resíduos Classe II B - Inertes | Metal | Metais ferrosos e não ferrosos. Equipamentos, ex.: motores e transformadores. | ABNT NBR 10.004/2004 e Resolução CONAMA N° 275/2001 |
| | Papel/papelão | Ex.: papel, papelão, aparas. | |
| | Plástico | - | |
| | Vidro | - | |
| | Madeira | - | |
| | Misturados | Resíduos em geral não recicláveis ou misturados. | |

O foco da atividade econômica da empresa era a coleta, armazenamento e segregação dos REEE e a comercialização de materiais recicláveis, ou seja, dos resíduos enquadrados na classe II B (incluída para atender a demanda de seus clientes) e a disposição final dos resíduos classe I. Diante disto, a Figura 26 demonstra o fluxograma da metodologia para atender o objetivo 2.

Figura 26 – Fluxograma da metodologia para atender o objetivo 2



Os arquivos de monitoramento de entrada de REEE e resíduos classes, I e II B e saída de resíduos classe I e II B, ou seja, rejeito e materiais recicláveis foram apresentados respectivamente conforme as Tabela 6 e Tabela 7.

Tabela 6 – Controle de entrada de REEE na Otser

| Descrição dos resíduos recolhidos | Quantidade (un) | Quantidade (kg) |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|
| ----- | | |
| ----- | | |
| ----- | | |

Tabela 7 – Controle de saída de materiais da Otser

| Descrição do material de saída | Quantidade (kg) |
|--------------------------------|--------------------|
| ----- | |
| ----- | |
| ----- | |

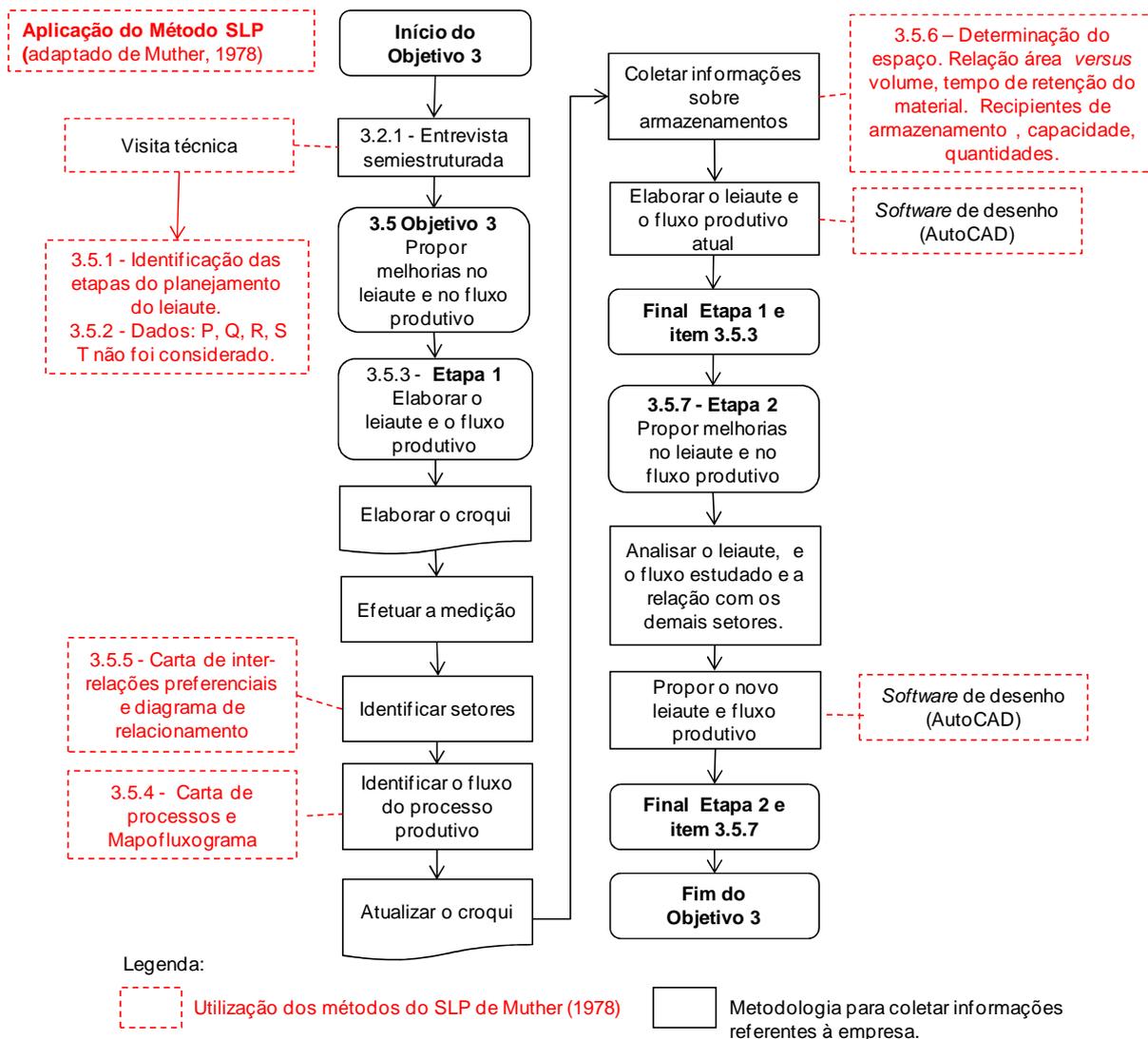
A partir das tabelas existentes fornecidas pela Otser, os dados disponibilizados foram reorganizados e agrupados em uma planilha síntese com os resultados de todos os meses, conforme apresentado na Tabela 8 e na Tabela 9.

As planilhas sínteses permitiram a realização do detalhamento de todos os resíduos que a empresa coletou e encaminhou aos destinadores finais, com as respectivas participações segundo a classificação das linhas e subitens. Então, na Tabela 10 apresenta-se a planilha síntese da saída dos resíduos classe II B, ou seja, materiais recicláveis e os de classe I, considerados perigosos. Para esta foi utilizada a mesma nomenclatura, porém alguns subitens foram suprimidos porque os REEE foram segregados e transformaram-se em materiais recicláveis ou perigosos.

3.5 Metodologia para atender o objetivo 3 – Propor melhorias no leiaute e no fluxo produtivo da empresa em estudo

Para o desenvolvimento do objetivo 3 foi utilizado o método SLP utilizado por Muther (1978), é de aplicação manual, ou seja, dispensa *softwares*, conforme apresentado no capítulo 2.3 da revisão bibliográfica. Na Figura 27 apresenta-se o roteiro da metodologia para atender o objetivo 3 e no Quadro 17 indica-se a relação entre as etapas de desenvolvimento da pesquisa e a aplicação do método SLP.

Figura 27 – Fluxograma da metodologia para atender o objetivo 3



Quadro 17 – Aplicação do SLP na Otser

| Subitens | | Sistema SLP/Método | Atividades | Ferramenta de análise de informações |
|----------|--|---|---|--|
| 3.5.1 | Situação da empresa. | Etapa do planejamento do leiaute. | Identificar a situação da empresa para realizar o planejamento do leiaute. | Visita técnica. |
| 3.5.2 | Definir P-Q. | Diagrama P-Q. | Gráfico de variedade <i>versus</i> quantidade. Definição do tipo de processo produtivo. | Informações obtidas no resultado do balanço de massa da empresa, conforme a nomenclatura adotada e as quantidades. |
| 3.5.3 | Elaboração do leiaute existente. | Não consta. | Medição das instalações físicas, sistema construtivo e equipamentos. Elaborar o croqui com o leiaute atual. | Visita técnica no local. Utilização de trenas para medições. Material de desenho para o croqui. |
| 3.5.4 | Mapeamento do fluxo de materiais. | Diagrama de processos. | Levantamento de informações no croqui. Registrar a sequência de acordo com o fluxo produtivo. | Mapofluxograma, planta baixa do leiaute atual. Uso do <i>AutoCAD</i> . |
| 3.5.5 | Verificar relação entre setores e fluxo de materiais | Diagrama de inter-relação entre atividades e fluxo. | Fazer a matriz triangular, elencar os setores, verificar as correlações entre eles usando as letras AEIOUX. Identificar a razão de proximidades conforme os números arbitrados. Desenhar o diagrama, segundo os símbolos do diagrama de processo e realizar a ligação entre segundo a convenção de cores. Representar graficamente a relação entre os setores. | Carta de interligações preferenciais (setores e fluxos). |
| 3.5.6 | Determinação do espaço. | Diagrama de inter-relação de espaço: arranjo de blocos. | Calcular as áreas. Checar espaço existente e a disponibilidade de espaço. Elaborar o diagrama a partir do diagrama de atividades e fluxos, acrescentando blocos com áreas relativas às estimadas em escala. | Utilização do método de arranjo esboçado. Preenchimento do formulário para cálculo de requerimento de espaços e características das áreas existentes. |
| 3.5.7 | Proposta do novo leiaute. | Plano selecionado. | Simular a configuração do diagrama de inter-relação. Projetar o leiaute. | Uso do <i>AutoCAD</i> . |

Fonte: Adaptado de Santos, Gohr, Laitano (2012)

A **etapa 1** refere-se a coleta de informações para a elaboração do leiaute da existente da empresa, enquanto que a **etapa 2** está relacionada a elaboração da proposta de um novo leiaute com melhorias no fluxo produtivo. Os subitens referem-se ao desenvolvimento das etapas das atividades e/ou metodologia que subsidiaram a avaliação da situação existente e proposta para o novo leiaute. Os subitens 3.5.1 e 3.5.2 referem-se à visita técnica, na qual também foi realizada a entrevista semiestruturada realizada, ou seja, antes de iniciar efetivamente a **etapa 1**.

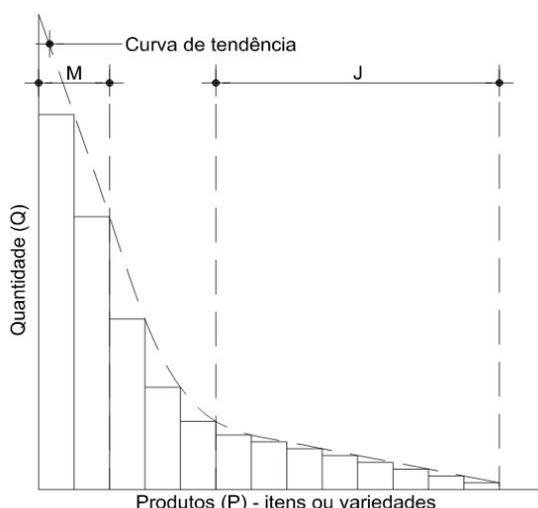
3.5.1 Identificar a etapa do planejamento do leiaute

Por meio da visita técnica, observou-se a situação da empresa para definir em qual etapa do planejamento do leiaute a pesquisa se desenvolveria, segundo a Figura 14 da página 59 da revisão bibliográfica.

3.5.2 Diagrama P-Q

Este subitem refere-se ao desenvolvimento do diagrama P-Q. As informações foram obtidas durante a entrevista semiestruturada e com base nos resultados do balanço de massa dos REEE, resíduos classe I e II B. Segundo Muther (1978), Neumann e Scalice (2015) a elaboração do diagrama P-Q é realizada a partir das informações de produção de cada produto ou família, iniciando pelos de maior volume para os de menor. Na Figura 28 demonstra-se o modelo do diagrama P-Q.

Figura 28 – Modelo do diagrama P-Q



Fonte: Adaptado de Muther (1978)

A curva apresentada auxilia na definição do tipo de processo produtivo a ser adotado. Para isto, tem-se que os itens na faixa denominada M geralmente utilizam técnicas de produção em massa enquanto que os itens da faixa J utilizam leiaute por lotes. Os itens da faixa intermediária geralmente são leiautes resultantes da combinação dos anteriores. Sendo assim, o diagrama P-Q permite identificar o método de análise de fluxo.

3.5.3 Elaboração do leiaute existente

Durante a visita técnica o responsável legal pela Otser acompanhou a projetista pelas instalações físicas e explicou o funcionamento das atividades da empresa e sucintamente o fluxo produtivo. Após conhecer as instalações físicas, iniciou-se a **etapa 1**, subitem 3.5.3. Então, fez-se um croqui com o levantamento geral das medidas do prédio, ambientes e dos elementos construtivos. Para esta tarefa utilizou-se trenas, eletrônica para as medidas gerais do prédio e metálica para as demais informações com menores dimensões. Cabe ressaltar que a cada medida realizada, a mesma foi transferida para o croqui, a fim de evitar que os dados ficassem incompletos.

Na sequência foram identificados e demarcados no croqui todos os setores e seus respectivos equipamentos. Logo, esta atividade contribuiu para a elaboração do item 3.5.5, ou seja, permitiu fazer a análise da inter-relação das áreas no leiaute atual. Ainda na **etapa 1**, também foi possível esquematizar o item 3.5.4, que refere-se ao fluxo do processo produtivo, ou seja, o mapofluxograma existente. Além disto, fez-se o levantamento de informações relativas ao dimensionamento das áreas, bem como, tipos de recipientes de armazenamento e período de expedição e coleta que contribuíram com informações para o item 3.5.6. Para finalizar o item 3.5.3 e a **etapa 1**, transferiu-se as informações do croqui para o *software* de desenho, *AutoCAD*, gerando a planta baixa do leiaute existente, após a visita técnica.

3.5.4 Diagrama de processos

Neste subitem, fez-se a identificação das etapas do processo produtivo da Otser por meio do diagrama de processo. Este descreve as etapas do processo produtivo utilizando os símbolos utilizados por Muther (1978), Neuman e Scalice (2015) conforme o Quadro 18.

Quadro 18 – Simbologia utilizada para o diagrama de processo

| Simbologia | Atividade | Definição da atividade |
|---|---------------|---|
|  | Transporte | É quando ocorre o deslocamento do objeto de um lugar para outro. |
|  | Operação | Existe operação quando um objeto é transformado intencionalmente em uma ou mais de suas características. Agrega-se valor. |
|  | Montagem | Operação dedicada. |
|  | Espera/atraso | A espera ocorre quando a execução da próxima ação planejada não é efetuada. |
|  | Armazenamento | É considerado armazenamento quando um objeto é mantido sob controle, e a sua retirada requer uma autorização. |

Fonte: Adaptado Neumann e Scalice (2015) *apud* norma ANSI Y15. 3M (1979)

Para elaborar o diagrama de processos, utilizam-se linhas horizontais que se referem ao início do processo e linhas verticais à sequência de atividades. No entanto, também adotou-se o mapofluxograma que de acordo com Neumann e Scalice (2015) o fluxo é desenhado por meio de linhas indicando o sentido do movimento dos materiais, no caso, resíduos sobre a planta baixa.

3.5.5 Diagrama de inter-relação entre atividades e fluxo

Com base na identificação dos setores foi possível aplicar a metodologia referente ao desenvolvimento do diagrama de inter-relação das atividades e fluxo. Para isto construiu-se a carta de interligações preferenciais, a partir de uma matriz triangular, utilizando as letras AEIOUX para arbitrar o nível de relação entre os setores na parte superior do losango, e na parte inferior colocaram-se os números referentes às razões pelas quais eles precisam estar próximos. As razões foram determinadas pelo projetista de acordo com o que foi observado no local. O modelo para da construção da carta de interligações preferenciais foi apresentado nas páginas 69 e 70 da revisão bibliográfica, conforme a Figura 19 e Quadro 11.

Porém, fez-se a adaptação na carta de interligação preferencial de Muther (1978), agrupando outra coluna com a simbologia da carta de processo, ao invés de fazer duas cartas separadas. Sendo assim, na coluna da carta de processo, foram atribuídos números de identificação aos símbolos que correspondem aos setores, facilitando a leitura do diagrama de inter-relações. Outra modificação foi colocar cores nas letras AEIOUX durante o

preenchimento da matriz triangular, mas utilizando a convenção de Muther (1978), o que permitiu uma leitura mais rápida da matriz.

Após o preenchimento da matriz triangular foi realizado o diagrama de inter-relação o qual demonstra graficamente as afinidades entre os setores. Este foi elaborado segundo Muther (1978), Neumann e Scalice (2015), ou seja, utilizaram-se as simbologias da carta de processo com os respectivos números, e as ligações entre os setores iniciaram pelas inter-relações classificadas como A, de maior importância para X, de menor inter-relação. Cabe ressaltar que para a construção do diagrama de inter-relação foi evitado ao máximo a sobreposição de linhas para a reorganização do leiaute. Primeiro se fez as inter-relações dos setores separadamente e depois foram realizados os agrupamentos. Para finalizar, com todas as relações AEIOX colocadas no diagrama, foram feitas algumas reorganizações para escolher a proposta que possuía o menor cruzamento das linhas entre A e E.

3.5.6 Diagrama de inter-relação de espaço

Este item refere-se à determinação dos espaços, para o qual foi utilizado o método de arranjos esboçados que conforme Muther (1978) consiste em avaliar as áreas críticas, que necessitam de investimento ou modificações com base na planta baixa das instalações existentes. O autor faz a consideração que as áreas onde os equipamentos podem ser movimentados facilmente, o projetista não deve ser muito analítico no estudo do leiaute, mas deve-se garantir que ele funcione, mesmo que o leiaute esboçado não seja o leiaute definitivo. No entanto, ressalta-se que Muther (1978) e Neumann e Scalice (2015) concordam que com base na situação atual podem-se evitar os problemas existentes para o novo leiaute, por isso é importante registrar as informações sobre o espaço físico, tais como: limitações, características e qualquer informação relevante para o desenvolvimento do novo projeto.

Diante do exposto, tem-se que inicialmente foram calculadas as áreas do leiaute existente com base na planta baixa elaborada. Logo, confrontaram-se as áreas existentes com possíveis de serem reutilizadas segundo o levantamento de resíduos realizados no balanço de massa da empresa. Para isto, foi preenchido um formulário para identificar as atividades exercidas nos setores, bem como os equipamentos necessários, a existências de bancada de trabalho, movimentação de resíduos, serviços de apoio ao funcionário ou à produção, também foram verificados o número de pessoas que utilizam o espaço ou ambiente e, foram anotadas as considerações sobre a necessidade de melhorias sobre a disposição dos mobiliários e / ou equipamentos e as limitações existentes conforme apresentado no Quadro 19.

Quadro 19 – Formulário para cálculo de requerimento de espaços e características das áreas existentes

| Descrição dos setores | Área existente (m ²) | Função primária | | | | | | Pessoas | Área ocupada atual (m x m) | Observações | Necessidade de melhorias | Limitações |
|-----------------------|----------------------------------|-----------------|----|-----|----|----|----|---------|----------------------------|-------------|--------------------------|------------|
| | | Eq | Bt | Arm | Mv | Sp | St | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Total (interno) | | | | | | | | | | | | |
| Total externo | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Adaptado de Neumann e Scalice (2015)

Legenda: Eq = equipamentos; Bt = bancada de trabalho; Arm = armazenamento; Mv = movimento de material; Sp = serviço para a produção; St = Serviço para o funcionário.

Após o preenchimento do Quadro 19, elaborou-se o diagrama de inter-relação de espaço do método do planejamento primitivo de espaços. Para isto utilizou-se as informações do diagrama de inter-relação de atividades e fluxos como base, ou seja, mantendo as mesmas convenções, mas acrescentando a representação das áreas em escala. Após isto, finalizou-se a o item 3.5.6 e a **etapa 1**.

3.5.7 Proposta do novo leiaute

O desenvolvimento da **etapa 2**, subitem 3.5.7 foi subsidiado pelas informações anteriores relativas aos diagramas de setor, fluxo e espaço. Após a análise dos diagramas foi possível elaborar uma proposta para o novo leiaute da Otser, o qual foi projetado no *software AutoCAD*, neste foi colocado o mapofluxograma.

A proposta limitou-se a propor um novo leiaute a partir da estrutura do prédio, ou seja, respeitando a área construída e sem alterar as alvenarias existentes. Logo, o novo leiaute baseou-se em reorganizar os setores, fluxo de materiais e áreas.

Posteriormente fez-se o cálculo comparativo entre as áreas do leiaute existente e do novo, ambos com base no dimensionamento das áreas extraídas das plantas baixas elaboradas (Tabela 11). Além disto, foram acrescentadas a média mensal de saída dos resíduos e fez-se um cálculo para quantificar o número de *bags* por paletes, estimando que cada *bag* tem capacidade de 400kg, segundo o responsável da empresa.

Tabela 11 – Comparativo entre os leiautes

| Descrição dos setores | Leiaute existente (m ²) | Leiaute proposto (m ²) | Média mensal de resíduos (kg) | Nº de paletes <i>bags</i> (400kg) |
|-----------------------|--|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Total (interno) | | | | |
| Total (externo) | | | | |

4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se os resultados e discussões dos objetivos propostos. No item 4.1 abordaram-se os resultados do mapeamento da cadeia de pós-consumo relacionado à empresa de gerenciamento de REEE. No item 4.2 foi elaborado o balanço de massa da empresa e no item 4.3 propuseram-se as melhorias no leiaute e no fluxo produtivo da Otser. No Apêndice A está apresentada a entrevista semiestruturada, no Apêndice B está o exemplo do detalhamento das classificações dos geradores de REEE conforme CNAE e no Apêndice C apresenta-se a planilha síntese dos geradores classificados segundo a CNAE por município. No Anexo A está apresentado o Termo de Consentimento Livre de Esclarecimento fornecido pelo Comitê de Ética da universidade.

4.1 Resultados do objetivo 1 – Mapear a cadeia de pós-consumo relacionada à empresa

Verificou-se na entrevista semiestruturada que haviam 1.151 geradores que descartaram REEE junto à empresa. No entanto, o arquivo de cadastro disponibilizado pela Otser continha 1.257 geradores de REEE que descartaram seus resíduos junto à empresa entre o período de 2011 a 2016. A Figura 29 apresenta o número de geradores de REEE que descartaram na Otser e a Figura 30 ilustra os geradores que pertencem a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos - BHRS.

Figura 29 – Número de geradores de REEE que descartaram resíduos na empresa

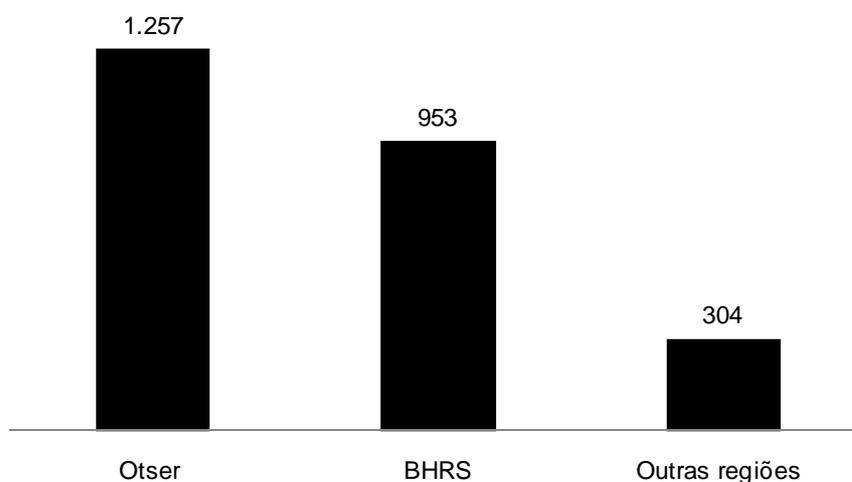
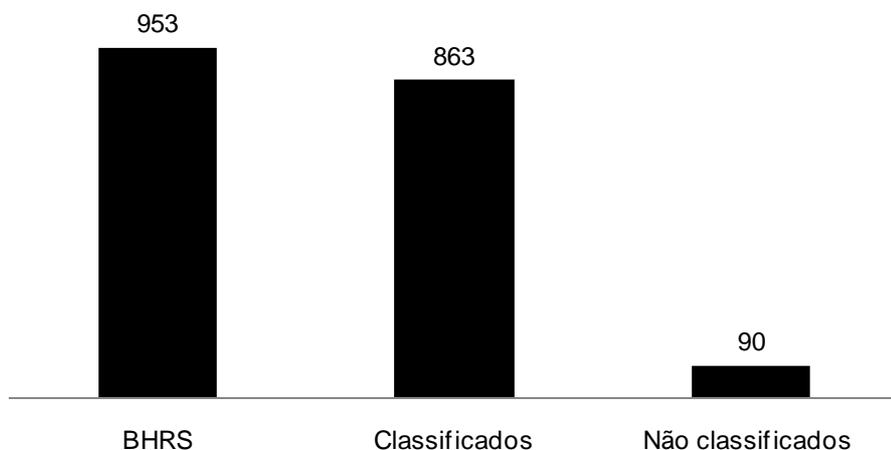
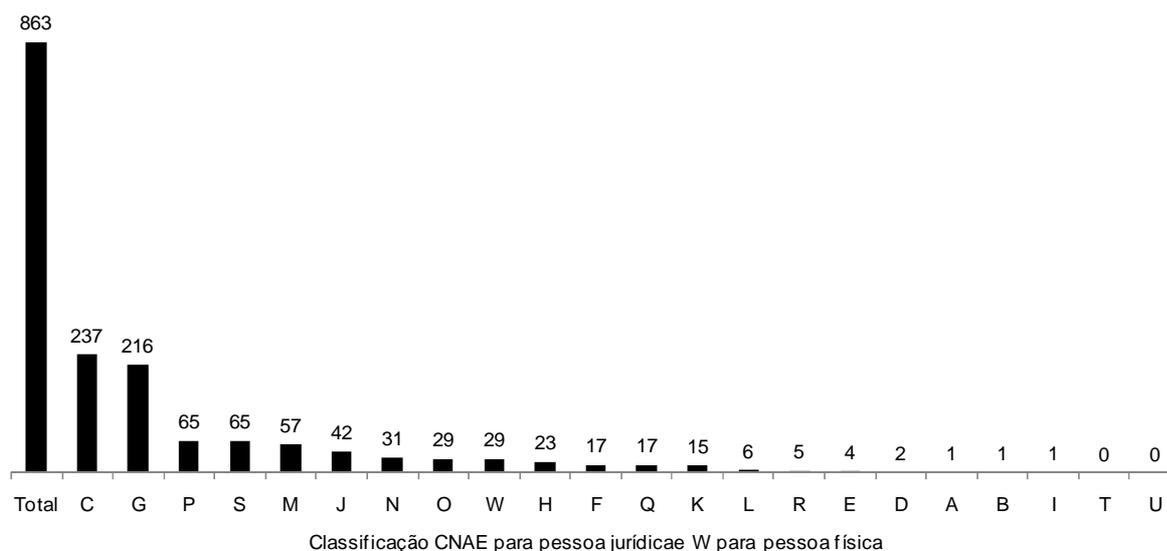


Figura 30 – Número de Geradores de REEE na BHRS segundo a classificação CNAE



Dos 1.257 geradores de REEE que descartaram na Otser 75,8% destes estão localizados na BHRS, os outros 24,2% estão distribuídos em outras regiões do Estado do Rio Grande do Sul e do Estado de Santa Catarina. Foi possível classificar 90,6% dos geradores da BHRS, onde 96,6% conforme a CNAE e 3,4% eram pessoas físicas. Logo, 9,4% dos gerados pertencentes à BHRS não foram classificados. A Figura 31, demonstra o número de geradores classificados conforme o Quadro 14, subsidiado pelo Apêndice C.

Figura 31 – Classificação dos geradores da BHRS (unidades)



Dentre os geradores de REEE classificados conforme a CNAE, os enquadrados nos códigos de atividades C e G foram os que obtiveram maior representatividade com 27,5% e

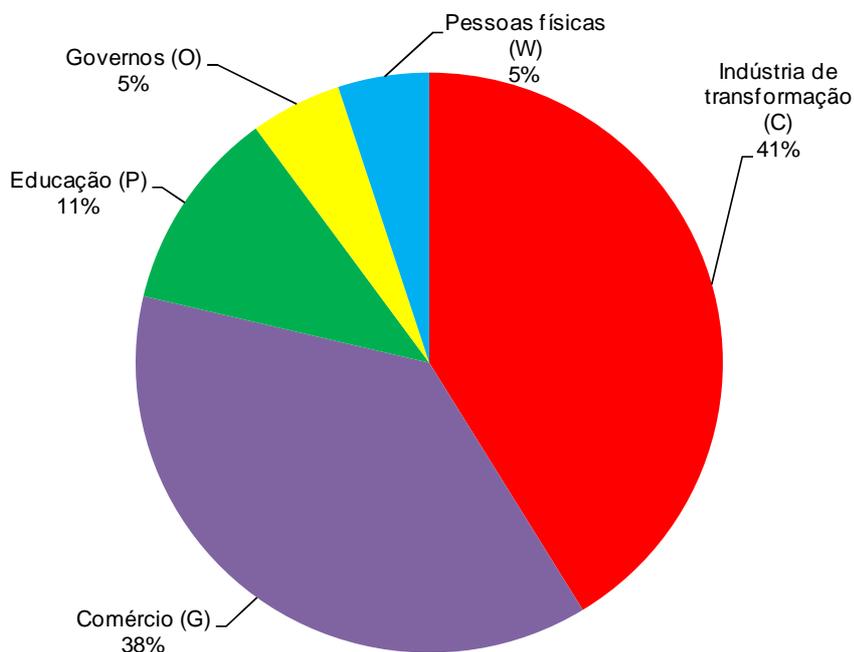
25% respectivamente. O código C está relacionado à atividade da indústria de transformação e o G, ao comércio. Apresentaram representatividade entre 5% e 10% as atividades enquadradas em P, S e M, ou seja, relacionadas à educação, outras atividades de serviços e atividades profissionais, científicas e técnicas. Já os códigos de J a K foram de 1% a 5% e os de L a I, apresentaram representatividade abaixo de 1% no descarte junto à empresa, enquanto os códigos T e U não foram registrados.

A indústria de transformação encaminha os seus resíduos a uma empresa de gerenciamento de REEE visando principalmente à segurança de que os dados confidenciais e equipamentos não serão reutilizados de forma indevida. Já os classificados como “comércio”, são principalmente os que atuam na área de comercialização, reparo e manutenção de equipamentos de informática e telefonia. Estas empresas buscam o descarte junto à Otser porque acabam se tornando um local de armazenamento temporário de equipamentos e peças sem utilização que foram encaminhados para orçamento de conserto. Ressalta-se que estas empresas enquadradas no código G não têm licenciamento ambiental para tratar e dispor os REEE, mas pelas circunstâncias se torna um ponto de entrega voluntário da população em geral, está constatação também foi feita pela ABDI (2012) e IDEC (2014).

Por outro lado, os códigos A, B e I apresentaram apenas um gerador por código, e as atividades estão relacionadas à agricultura, pecuária e pesca, indústrias extrativistas e alojamento e alimentação, conforme descrito no Quadro 14. Para os códigos T e U não foram identificados geradores de REEE que descartaram junto a Otser. Estes códigos referem-se respectivamente a alojamentos e alimentação, serviços domésticos e organismos internacionais e outras instituições extraterritoriais.

Kunrath (2015) avaliou a geração dos REEE tanto pelo tipo gerado como a fonte que produziu e/ou coletou o equipamento ou resíduo, em oito empresas localizadas no Rio Grande do Sul e São Paulo, que atuam na coleta e/ou processamento dos REEE. Diante das informações obtidas, o autor diagnosticou que os setores da sociedade que mais contribuem com REEE para a reciclagem são a indústria com 41,25%, o comércio com 27,5% e o doméstico, referindo-se às pessoas físicas com 18,75%. Por outro lado, os setores que menos contribuem foram às universidades públicas e privadas com aproximadamente 5%, assim como, os governos, municipal, estadual e federal. Diante disto, foi possível extrair os códigos do CNAE deste trabalho relativos aos setores identificados por Kunrath e compará-los. Logo, a Figura 32 apresenta somente as atividades econômicas no descarte de REEE à Otser, que podem ser comparadas as atividades analisadas por Kunrath (2015) e confirmando algumas similaridades com os resultados deste autor.

Figura 32 – Setores da sociedade, segundo CNAE, com descarte de REEE na Otser



Legenda: Conforme o Quadro 14 e W para pessoas físicas

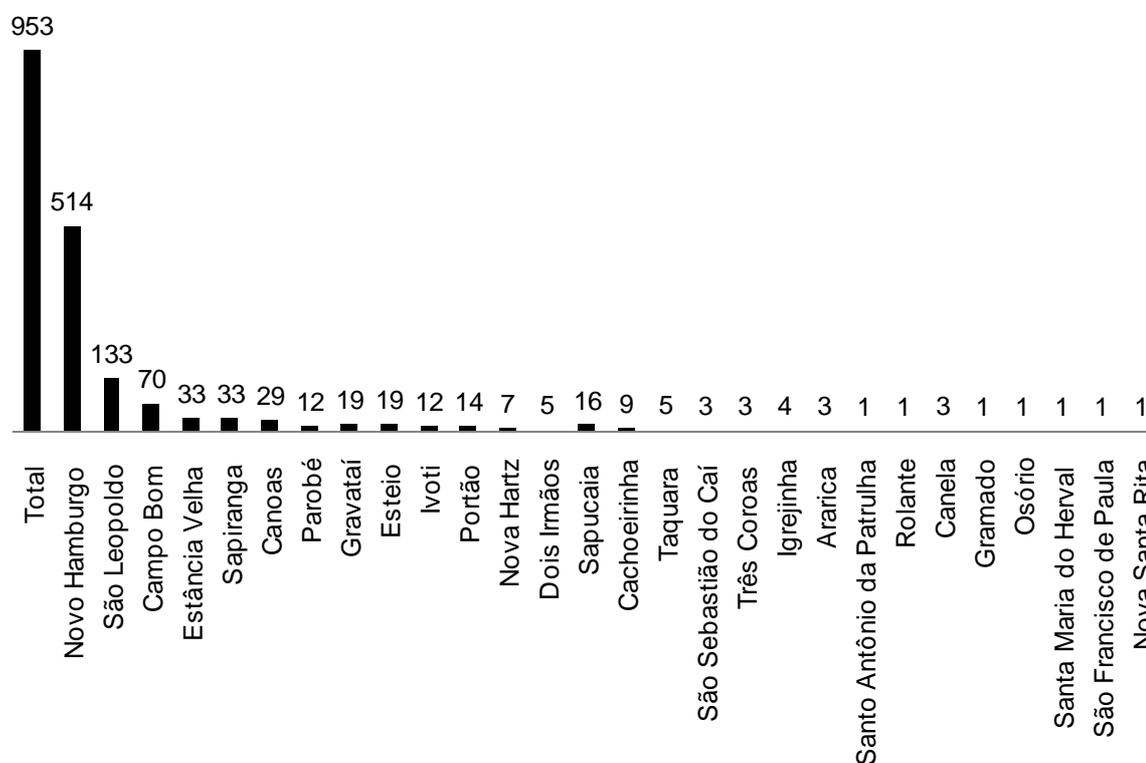
As atividades de comércio e educação contribuíram com 38% e 11% respectivamente no descarte à empresa, sendo que Kunrath (2015) encontrou para tais atividades 27,5% e 5%. Porém cabe ressaltar que a denominação dos setores adotada pelo autor é genérica, enquanto que a deste estudo foi detalhada conforme CNAE, o que pode ter influenciado na diferença entre os resultados. No código P equivalente a educação, por exemplo, este trabalho abrange escolas de: educação infantil, fundamental, médio, profissionalizantes, ensino superior, pública ou privada, entre outras atividades de aprendizagem, enquanto que Kunrath (2015) avaliou dados relativos somente das universidades.

As pessoas físicas contribuíram com 5% do descarte de REEE, enquanto que o estudo de Kunrath (2015) computou 18,75%. É importante dizer que o foco de prestação de serviços da Otser para o gerenciamento de REEE são as pessoas jurídicas. Por outro lado, a Otser juntamente com universidades, sindicatos e governo promovem algumas ações que incentivam as pessoas físicas a descartarem os REEE armazenados em casa. Estas ações são realizadas mensalmente em Porto Alegre e Novo Hamburgo, mas em São Leopoldo são esporádicas, entre uma ou duas vezes por ano. De acordo com o responsável pela Otser, ações promovidas na BHRS estão vinculadas às universidades. Neste caso, as pessoas físicas descartam os REEE sem custo, enquanto que a instituição assume o ônus em prol da

conscientização da população sobre a importância da destinação adequadamente destes resíduos.

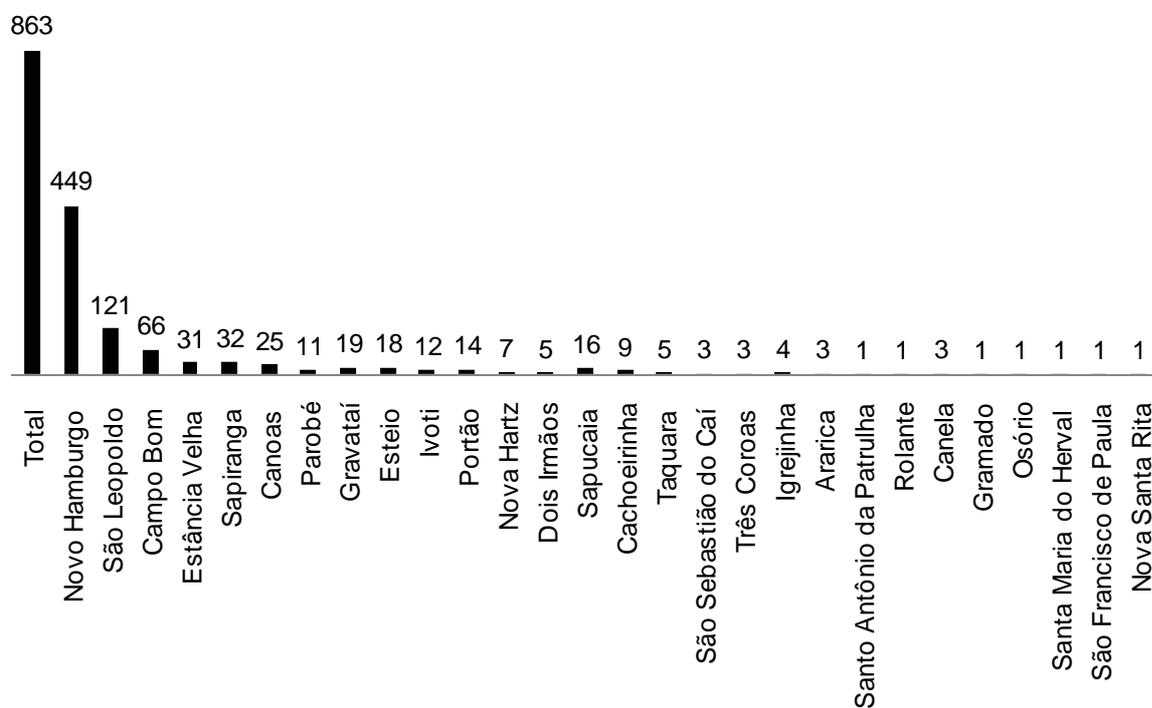
Além disto, foram quantificados os geradores de REEE, segundo os 32 municípios da que constituem a BHRS. No entanto, após a separação dos municípios que pertencem a BHRS das outras regiões, verificou-se que apenas quatro municípios, Capela de Santana, Caará, Glorinha e Riozinho, não apresentaram registro de descarte de REEE junto à empresa em estudo. A Figura 33 expõe o levantamento quantitativo dos geradores de REEE conforme os respectivos municípios, durante o período analisado, segundo dados fornecidos pela Otser.

Figura 33 – Geradores de REEE por municípios (unidades)



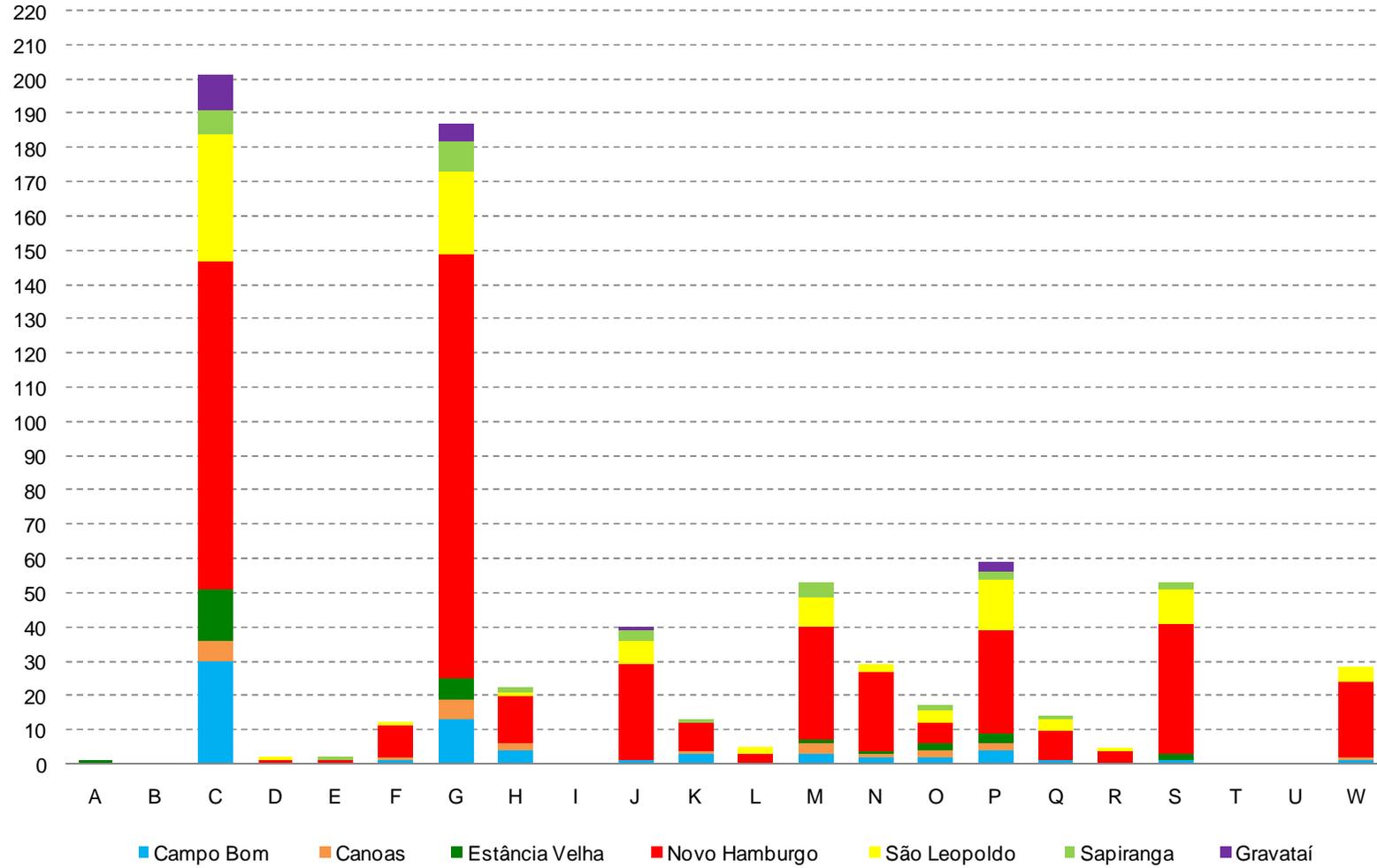
Diante do exposto na Figura 33 foi possível observar que os municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo concentram o maior número de geradores, respectivamente 53,9% e 14%. Estes são os dois maiores municípios próximos a empresa da empresa de gerenciamento, com cerca de 240 e 230 mil habitantes, e a aproximadamente 17 e 24 km, pode ser que isto justifique a maior participação destes geradores. Outra informação que pode contribuir para isto foi que a Otser iniciou suas atividades no município de Novo Hamburgo. Já a Figura 34 demonstra o número de geradores de REEE classificados, segundo o Quadro 14 e por município da BHRS.

Figura 34 – Geradores de REEE classificados conforme o Quadro 14 (unidades)



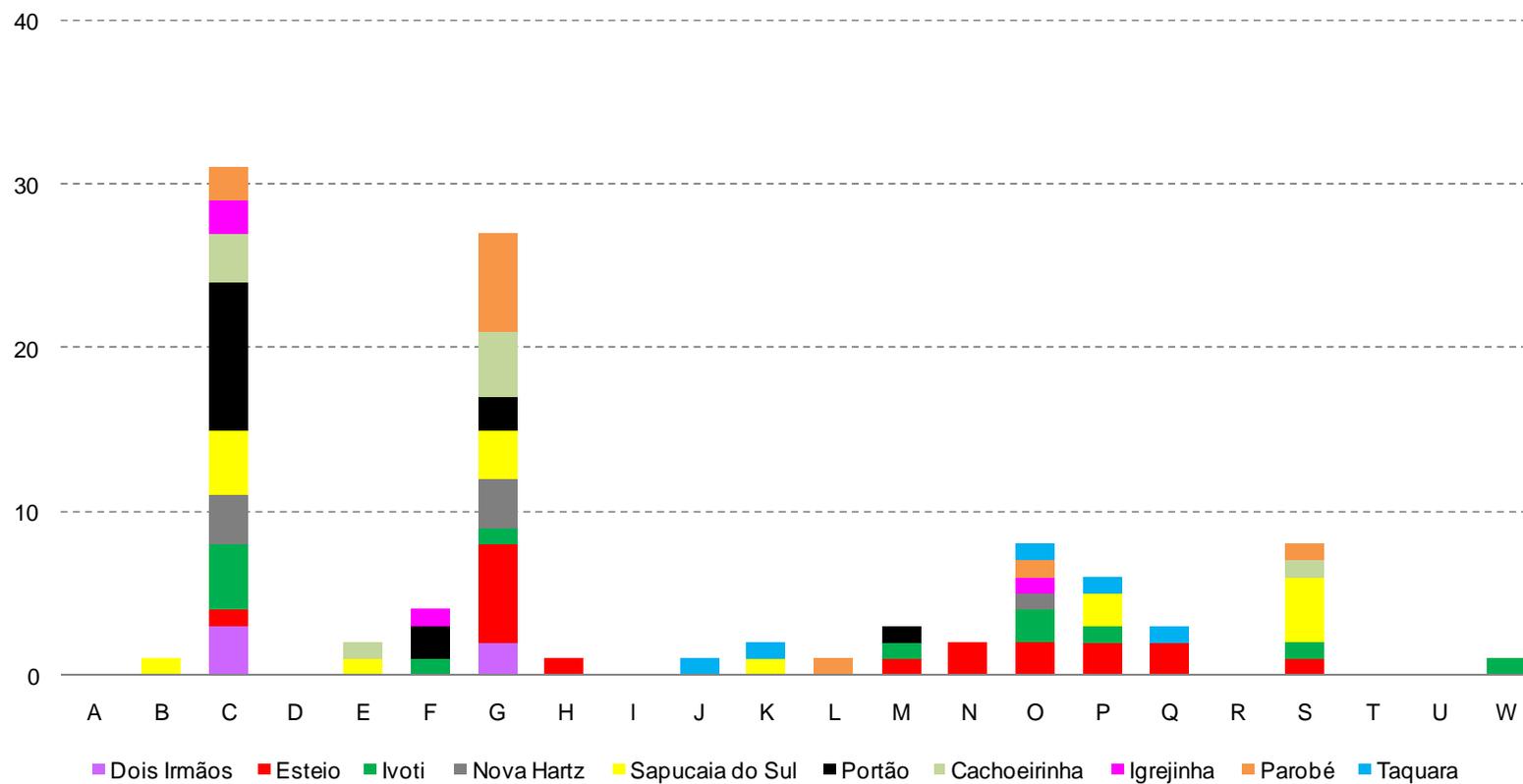
Se comparar a Figura 34 com a Figura 33, nota-se que maioria dos geradores foram classificados, segundo o Quadro 14. Os municípios que não obtiveram 100% dos seus geradores de REEE classificados chegaram muito próximos, como foi o caso de Canoas com aproximadamente 86% seguido de Novo Hamburgo com 87,4%, São Leopoldo e Parobé com 91%. Para os municípios de Campo Bom, Estância Velha e Esteio foram identificados 94% e Sapiranga 97%. Os geradores que não foram classificados conforme a CNAE atribuiu-se a insuficiência dos dados disponibilizados ou porque estas empresas solicitaram a baixa de suas atividades econômicas. A distribuição dos códigos utilizados no Quadro 14 foram identificados, por meio, dos geradores em seus respectivos municípios estão apresentados nas Figura 35, Figura 36 e Figura 37

Figura 35 – Representatividade do códigos por município, segundo número de geradores, maiores.



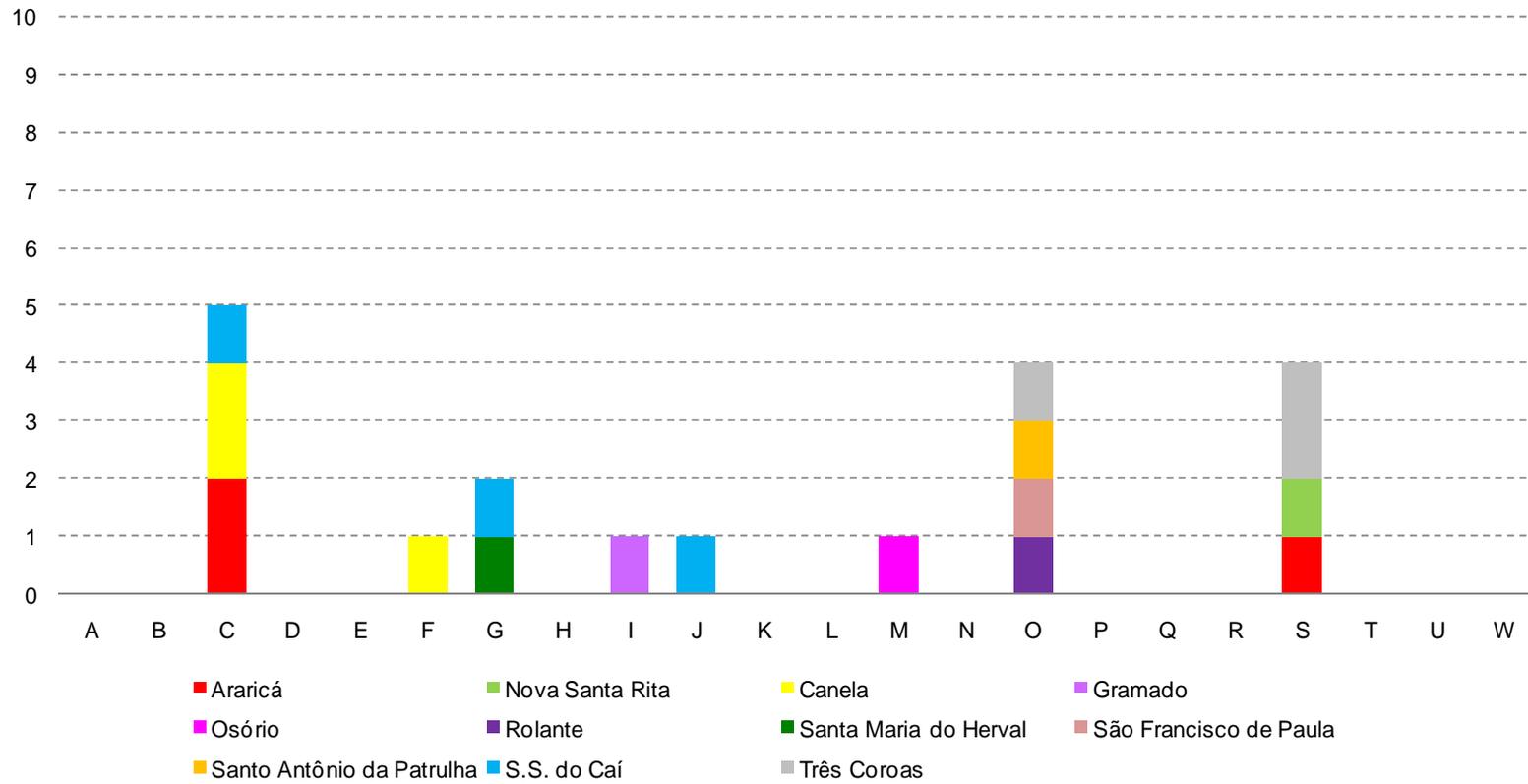
Legenda: Conforme o Quadro 14

Figura 36 - Representatividade do códigos por município, segundo número de geradores, intermediário



Legenda: Conforme o Quadro 14

Figura 37 - Representatividade do códigos por município, segundo número de geradores, menores



Legenda: Conforme o Quadro 14

A Figura 35, demonstra a relação CNAE e pessoa física segundo distribuídas por município. Logo, tem-se que os maiores geradores de REEE classificados no código C da CNAE estão localizados nos municípios de Novo Hamburgo, São Leopoldo, Campo Bom, Estância Velha, Gravataí, Sapiranga e Canoas representam 40,5%, 15,6%, 12,6 %, 6,3%, 4,2%, 3% e 2,5% respectivamente. Segundo a Figura 37 os municípios de Gramado, Osório, Rolante, Santa Maria do Herval, São Francisco de Paula, Santo Antônio da Patrulha, São Sebastião do Caí, Taquara e Três Coroas não registraram participação neste código. Os demais municípios apresentaram representatividade menor que 2,5%.

Quanto à classificação G, nota-se a que está concentrado nos geradores do município de Novo Hamburgo com 57,4% seguido de São Leopoldo com 11,1% e Campo Bom com 6%, os demais apresentam participações menores. Os municípios da Figura 36, Taquara e Igrejinha não têm geradores nesta classificação assim como os da Figura 37, com exceção de São Sebastião do Caí e Santa Maria do Herval.

Os geradores classificados como P estavam presente em todas as cidades elencadas na Figura 35, mas não aparecem em nenhuma da Figura 37 e em 40% nos municípios da Figura 36. Conforme pode ser visualizado o código P é composto por 71% das cidades na Figura 35, na Figura 36 por 50% e na Figura 37 por 27%. Os municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo apresentam as maiores participações em P com 46,2% e 21,1%, e em S 58,5% e 15,4, respectivamente.

Ao que se refere à classificação O, M, H e J podem ser verificadas na Figura 35 que 86% dos municípios apresentam geradores nestas classificações, exceto Gravataí para os três primeiros e Canoas. Na Figura 36 visualiza-se 60% para O, 30% para M e 10% para H e J, ou seja, apenas a cidade de Esteio e Taquara foram respectivamente representada por geradores de REEE. A Figura 37 apresentou 33,3% para O, enquanto que 8% para M e J, ou seja, um gerador do município de Osório e outro de São Sebastião do Caí, mas não houve registro para H.

Na Figura 35 é possível verificar que a classificação N tem a participação de 71% das cidades, sendo que Novo Hamburgo representa 74% dos geradores e as demais são menores que 10%. Na Figura 36 o código N foi identificado no município de Esteio e não há mais registros deste.

Os geradores classificados em F, Q, e K estavam presentes em 53% dos municípios, conforme apresenta Figura 35. Já na Figura 36 visualiza-se 30% e 20% para Q e K. Na Figura 37 pode-se identificar que relativo à F somente a cidade de Canela participou no descarte de REEE junto à empresa, não há registros para Q e nem para K. Notou-se que 53% dos

geradores do código F, Q e K estavam localizados em Novo Hamburgo. A segunda maior participação de F foi em Portão com 12% e a de K foi com 20% em Campo Bom. E Q ainda apresentou com 18% em São Leopoldo e 12% em Esteio. Os demais municípios apresentaram contribuições menores que 10% em ambas as classificações.

Os códigos L e R estavam presentes em 29% dos municípios de acordo com a Figura 35. Logo, os geradores estavam 50% e 80% localizados em Novo Hamburgo e 33% e 20% em São Leopoldo, respectivamente. E a Figura 36 demonstra que somente Parobé apresentou descarte de REEE, segundo L. Não houve registros para R.

Os geradores, segundo a classificação E, apresentaram participação de 25% entre os municípios de Novo Hamburgo, Sapiranga, Cachoeirinha e Sapucaia do sul, conforme a Figura 35 e a Figura 36. Já o código D foi apresentado em Novo Hamburgo e São Leopoldo, 50% em cada.

Segundo a Figura 37, percebe-se que a baixa participação dos geradores de REEE relativos às cidades apresentadas. Os municípios de Rolante, Santo Antônio da Patrulha, São Francisco de Paula, Três Coroas apresentaram participação somente na classificação O, enquanto que Nova Santa Rita em S, Gramado em I, Santa Maria do Herval em G e Osório, M. Os geradores de REEE de Araricá foram enquadrados em C e S, Canela em C e F, São Sebastião do Caí em C, G e J. A Figura 35 ilustra que a classificação A foi representada somente por Estância Velha e a Figura 36 apresenta que B foi localizado em Sapucaia do Sul.

A classificação W refere-se às pessoas físicas. Na Figura 35 verifica-se que 71% dos municípios apresentaram indivíduos que descartaram junto à empresa, enquanto que na Figura 36 somente a cidade de Ivoti e na Figura 37 não há registros.

Após analisar o arquivo disponibilizado com as informações relativas aos geradores de REEE, foi trabalhado o outro arquivo referente ao período de descarte, no qual consta o número de coletas e as respectivas quantidades de REEE descartadas por gerador. No entanto, ao fazer a compatibilização entre os arquivos disponibilizados, notou-se que houve discrepância entre as informações, ou seja, o arquivo referente ao cadastro dos geradores de REEE apresentou 863 na BHRS foram identificados conforme a CNAE. Enquanto que o arquivo relativo à frequência de descarte e quantidades de REEE por gerador, continha 769 geradores na BHRS.

As informações disponibilizadas no primeiro arquivo auxiliaram na identificação do CNAE do segundo, referente ao período de descarte. Compatibilizaram-se as informações, segundo as razões sociais das pessoas jurídicas. Depois foi construído a Tabela 12, resumindo

os dados relativos ao controle anual segundo as participações dos geradores REEE nos respectivos municípios durante período de 2011 até junho de 2016.

Tabela 12 – Execução da planilha síntese de controle anual (unidades)

| Descrição dos município | Ano | | | | | | Total | |
|------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | Disponível | CNAE |
| Araricá | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| Cachoeirinha | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 0 | 11 | 11 |
| Campo Bom | 14 | 18 | 17 | 29 | 29 | 17 | 124 | 115 |
| Canela | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Canoas | 11 | 9 | 4 | 10 | 10 | 4 | 48 | 44 |
| Dois Irmãos | 1 | 2 | 3 | 2 | 4 | 3 | 15 | 15 |
| Estância Velha | 20 | 13 | 8 | 10 | 7 | 3 | 61 | 59 |
| Esteio | 8 | 5 | 4 | 5 | 2 | 0 | 24 | 22 |
| Gramado | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Gravataí | 4 | 3 | 8 | 5 | 4 | 1 | 25 | 25 |
| Igrejinha | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| Ivoti | 4 | 2 | 2 | 7 | 6 | 2 | 23 | 23 |
| Nova Hartz | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 17 | 17 |
| Nova Santa Rita | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Novo Hamburgo | 199 | 159 | 120 | 129 | 130 | 68 | 805 | 730 |
| Osório | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Parobé | 4 | 5 | 8 | 6 | 1 | 3 | 27 | 27 |
| Portão | 7 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 21 | 21 |
| Rolante | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| Santa Maria do Herval | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Santo Antônio da Patrulha | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| São Francisco de Paula | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| São Leopoldo | 52 | 37 | 47 | 38 | 36 | 17 | 227 | 206 |
| São Sebastião do Caí | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 6 | 6 |
| Sapiranga | 5 | 7 | 10 | 9 | 13 | 12 | 56 | 55 |
| Sapucaia do Sul | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 13 | 13 |
| Taquara | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 9 | 9 |
| Três Coroas | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 6 | 6 |
| Pessoas físicas | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 14 | |
| Total | 353 | 285 | 249 | 268 | 258 | 139 | 1.552 | 1.424 |

De acordo com a Tabela 12 verificou-se que houve 1.552 participações de geradores que descartaram na BHRS. Lê-se que houve a participação de uma pessoa jurídica, uma ou mais vezes no descarte de REEE, durante o período avaliado, mas considerado somente uma atuação por ano. Dos 1.552, foram identificados 99,1 % como pessoas físicas e jurídicas, e 0,9% eram pessoas físicas sem procedentes de localização que descartaram neste período, porém foram excluídas desta pesquisa. Considerou-se os dados relativo às 1.538 participações.

Além disto, por meio da Tabela 12, foi possível demonstrar a atuação da empresa nos municípios, segundo os geradores classificados pelo CNAE que descartaram durante o período analisado. Então, verificou-se que no ano de 2011 foram quantificadas 351 participações de geradores de REEE junto a Otser. De acordo com a Tabela 12, verificou-se que 82% dos municípios foram representados pelos geradores de REEE, enquanto que 18% não apresentaram registros. Dos que participaram com descarte, 26% destinou REEE uma vez para a empresa. Em contrapartida, Novo Hamburgo foi representado com 56% das participações dos geradores.

No ano de 2012 foram quantificadas 282 participações de geradores de REEE. Notou-se que 86% dos municípios BHRS foram representados por geradores de REEE, enquanto que 24% não obtiveram nenhum registro. A cidade de Novo Hamburgo destaca-se com 56% em relação à participação dos geradores que descartaram REEE na empresa neste ano. Por outro lado, cerca de 28% participaram com um gerador para representar o município.

Segundo a Tabela 12 percebeu-se que no ano de 2013 houve 246 participações. Sendo que 68% dos municípios foram representados por geradores de REEE, enquanto que 28% não apresentaram registros de descarte junto a Otser. Os municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo obtiveram as maiores participações no descarte durante este ano com cerca de 48% e 19%, respectivamente.

No ano de 2014 foram computadas 266 participações no descarte de REEE. Diante disto, verificou-se que 75% dos municípios da BHRS descartaram na Otser, enquanto que 25% não descartaram. Pode-se dizer que cerca de 18% dos municípios apresentaram apenas um descarte junto a empresa durante o ano de 2014. O município de Novo Hamburgo representou 48% das participações neste ano.

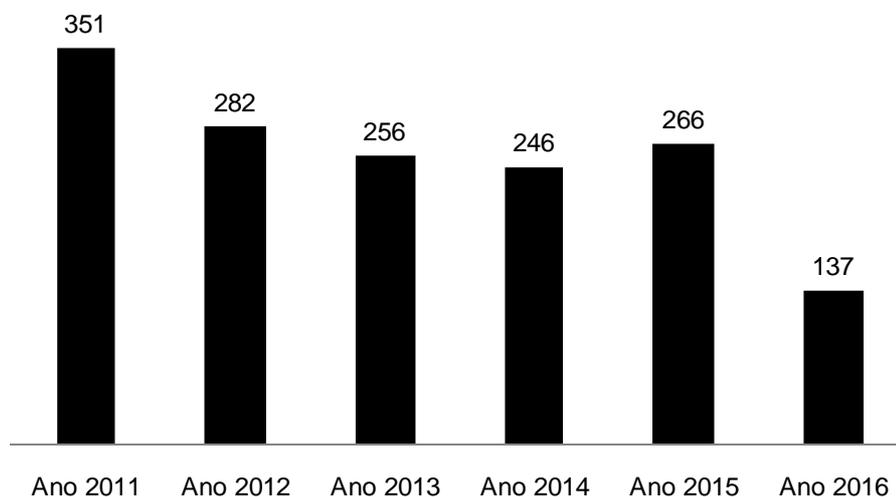
No ano de 2015 foram quantificadas 246 participações de descarte de REEE. Notou-se que cerca de 64% dos municípios da BHRS foram representados por geradores de REEE no descarte junto a Otser no ano de 2015, enquanto que 36% não apresentaram registro. Verificou-se que 10% fizeram apenas um descarte durante o ano de 2015. As cidades de Novo

Hamburgo, São Leopoldo e Campo Bom foram representadas por seus geradores com 52%, 14% e 11%, respectivamente.

Quanto ao ano de 2016 foram contabilizadas 137 participações de geradores somente no primeiro semestre, o que representou 54% de participação em relação ao ano de 2015. Notou-se que 50% dos municípios da BHRS participaram com descarte na Otser e os outros 50% não apresentaram registros. Enquanto que 7% apresentaram um representante nos municípios de Gravataí e Sapucaia do Sul. O predomínio dos geradores se deu novamente no município de Novo Hamburgo com 49% de participação em relação aos demais.

Diante do exposto na Tabela 12, verificou-se que 48% das cidades foram representadas por geradores em todos os anos do período analisado. Cita-se como exemplos destes, os municípios de Novo Hamburgo, São Leopoldo e Campo Bom que concentraram cerca de 51%, 14% e 8% da participação dos geradores classificados, respectivamente. Enquanto que em 15% obtiveram registro em 5 anos, 11% em 4 anos, 15% em 2 anos e 11% em 1 ano, como foi o caso das cidades de Canela, Santa Maria do Herval e São Francisco de Paula atuaram junto à Otser. A Figura 38, ilustra a participação dos geradores classificados que contribuíram para no descarte da empresa durante o período avaliado.

Figura 38 – Participação dos geradores classificados segundo CNAE, por ano



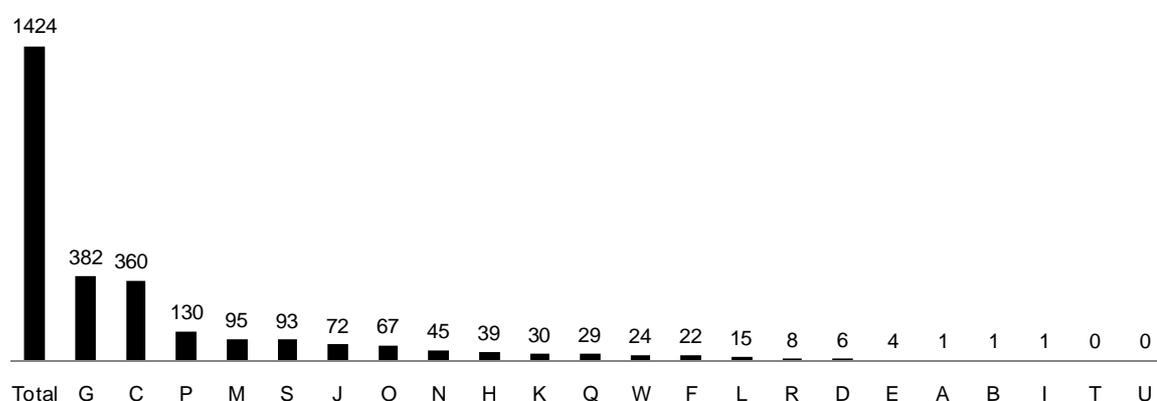
Na Figura 38 nota-se durante o período analisado foram 1.538 participações dos geradores de REEE junto a Otser. O ano de 2011 apresentou o maior número de participação representando 23%. Enquanto que o ano de 2012 foram 18%, 2013 e 2015 registraram 17%, 2014 foi 16% e 2016 representou 9%, porém os dados referem-se somente até setembro de 2016. Houve uma redução de 19,7% do ano de 2011 para 2012 no número de participações

nos descartes pelos geradores. Já de 2012 para o ano de 2013 a redução foi de 9,2%, de 2013 para 2014 houve uma redução de 3,9%. Segundo o responsável pela empresa as reduções ocorreram devido às concorrências, de empresas de gerenciamento de REEE, de algumas cooperativas de resíduos sólidos que incorporaram a coleta e armazenamento de REEE em suas atividades ou ainda atravessadores. No entanto, a redução ocorrida no ano de 2016 também foi atribuída como consequência da crise econômica do país, visto que os geradores pagam pelo descarte. Já no ano de 2014 para 2015 houve um acréscimo de 8,1% na participação dos geradores de REEE junto a Otser.

A Tabela 12 possibilitou a quantificação da participação dos geradores de modo geral com 1.538, e os classificados segundo o CNAE com 1424, representados pelos respectivos municípios, no período analisado. Diante disto, diz-se que 92,5% das participações foram classificadas conforme os códigos expressos no Quadro 14 entre os anos de 2011 e 2016. Cerca de 74% dos municípios obtiveram todos os seus geradores classificados conforme o Quadro 14, enquanto que 26% dos municípios classificaram entre 91% e 98% dos geradores. Exceto a cidades de Nova Santa Rita que não apresentou gerador no arquivo disponibilizado pela empresa.

Com base nas informações disponibilizadas foi possível demonstrar a classificação dos geradores de REEE classificados conforme o CNAE, segundo as respectivas participações no descarte de REEE junto à Otser durante o período analisado, conforme apresentado na Figura 39.

Figura 39 – Classificados dos geradores de REEE entre 2011 e 2016.



Ver legenda conforme Quadro 14

O levantamento apresentado na Figura 39 reforça a participação dos do comércio (G) com 27%, a indústria de transformação (C) com 25% e a educação (P) com 9%, atividades profissionais, científicas e técnicas (M) e outras atividades de serviços (S) com 7% no descarte de REEE. Neste caso, infere-se que o código G tenha descartado mais vezes do que o C porque se trata da atividade relativa ao comércio, ou seja, assistências técnicas estão enquadradas neste código. Enquanto que os outros códigos C, P, M e S inferem-se a obsolescência dos EEE para o desempenho das atividades. Cabe ressaltar que o código O é relativo a entidades governamentais e obteve participação de 5%.

Depois de realizado o levantamento relativo ao período analisado conforme os geradores de REEE que descartaram junto da empresa foram verificados os controles de coletas com as respectivas massas descartadas pelos geradores segundo o arquivo disponibilizado. Portanto, foi elaborada a planilha síntese, conforme a Tabela 13.

Tabela 13 – Execução da planilha síntese do controle de coleta de REEE

| Descrição dos municípios | Número de participações dos geradores | Massa descartada (kg) | Número de descarte realizados |
|---------------------------------|--|------------------------------|--------------------------------------|
| Araricá | 4 | 1903,46 | 4 |
| Cachoeirinha | 11 | 15024,15 | 37 |
| Campo Bom | 124 | 71758,78 | 295 |
| Canela | 1 | 1274,75 | 9 |
| Canoas | 48 | 34604,25 | 90 |
| Dois Irmãos | 15 | 5876,89 | 31 |
| Estância Velha | 61 | 30972,06 | 131 |
| Esteio | 24 | 11262,65 | 28 |
| Gramado | 1 | 705,46 | 1 |
| Gravataí | 25 | 39912,27 | 37 |
| Igrejinha | 4 | 841,66 | 7 |
| Ivoti | 23 | 20551,75 | 37 |
| Nova Hartz | 17 | 6442,29 | 24 |
| Nova Santa Rita | 0 | 0 | 0 |
| Novo Hamburgo | 805 | 422696,95 | 1649 |
| Osório | 1 | 205,60 | 2 |
| Parobé | 27 | 11989,36 | 61 |
| Portão | 21 | 9979,45 | 40 |
| Rolante | 3 | 2741,98 | 6 |
| Santa Maria do Herval | 1 | 445,45 | 1 |
| Santo Antônio da Patrulha | 4 | 1508,52 | 6 |
| São Francisco de Paula | 1 | 445,45 | 1 |
| São Leopoldo | 227 | 96423,38 | 518 |
| São Sebastião do Caí | 6 | 5922,80 | 10 |
| Sapiranga | 56 | 42772,99 | 166 |
| Sapucaia do Sul | 13 | 1317,73 | 17 |
| Taquara | 9 | 20971,68 | 11 |
| Três Coroas | 6 | 12750,76 | 9 |
| Total | 1538 | 870951,07 | 3228 |

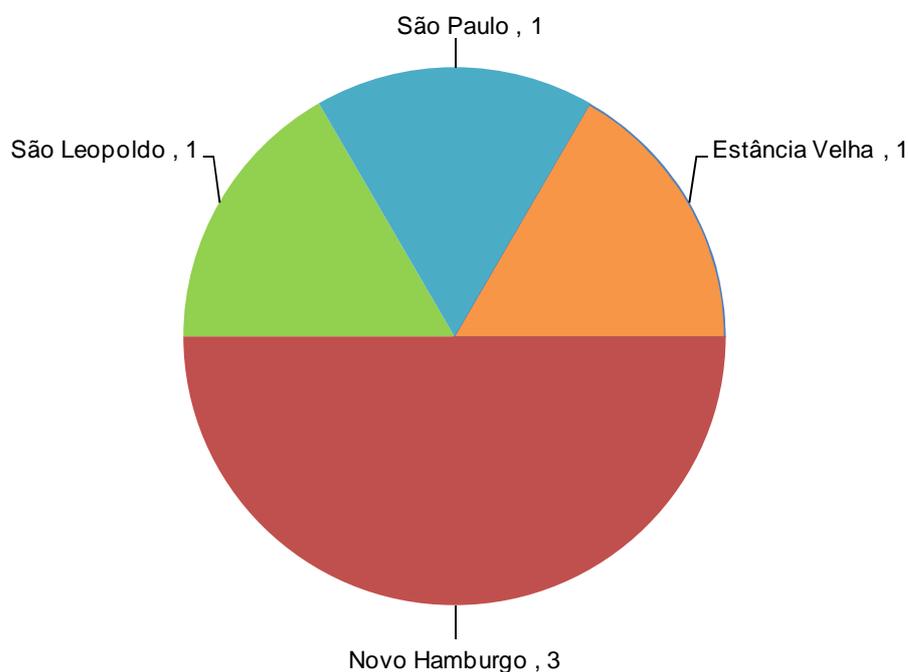
De acordo com a Tabela 13 verifica-se que 51% das coletas foram realizadas no município de Novo Hamburgo, 16% em São Leopoldo e 9% em Campo Bom. A isto, atribui-se a proximidade da sede da empresa de gerenciamento de REEE a estes municípios. Sendo que a empresa iniciou suas atividades em Novo Hamburgo e finalizou em Campo Bom. Em média,

os geradores descartaram duas vezes junto da Otser, mas alguns municípios foram representados por seus geradores descartando somente uma vez durante o período analisado, como por exemplo, São Francisco de Paula e Santa Maria do Herval e Gramado. No entanto, o motivo pelo qual não descartaram novamente os REEE junto com a empresa é desconhecido.

A participação dos municípios de Novo Hamburgo, São Leopoldo e Campo Bom também mantiveram a representatividade quanto ao número de participações dos geradores, quantidades de descarte e de massa de REEE destinada. Os geradores da BHRS localizados em Novo Hamburgo contribuíram com 48,5% da massa de REEE para a empresa, resultando em uma média de 525,09 kg por gerador ou 256,34 kg por coleta. Já São Leopoldo, Campo Bom apresentaram, 11,1%, 8,2% de massa de REEE, 424,77 kg e 578,70 kg por gerador e 186,15 kg e 243,25 kg por coleta, respectivamente. Enquanto que Sapiranga e Gravataí descartam 4,9% e 4,6% de massa de REEE, 783,60 kg e 1.596,49 kg por gerador e 257,67 kg e 1.078,71 kg por coleta. Dito isto, nota-se que Sapiranga e Gravataí apresentaram cerca de 9 a 10% da massa descartada, enquanto que descartaram 145% e 304% da massa por gerador se comparado com Novo Hamburgo, e apresentam números de coletas menores em relação aos demais municípios relacionados. Para os geradores de Gravataí a relação massa de REEE descartada versus distância precisava ser otimizada devido a distância.

Além a identificação da localização dos geradores de REEE que descartam junto à Otser, também fez-se o levantamento da localização das empresas de destinação final dos resíduos. A Figura 40 demonstra os municípios de destino dos resíduos classe I e II B quando expedidos pela Otser e o número de empresas por município que os recebem.

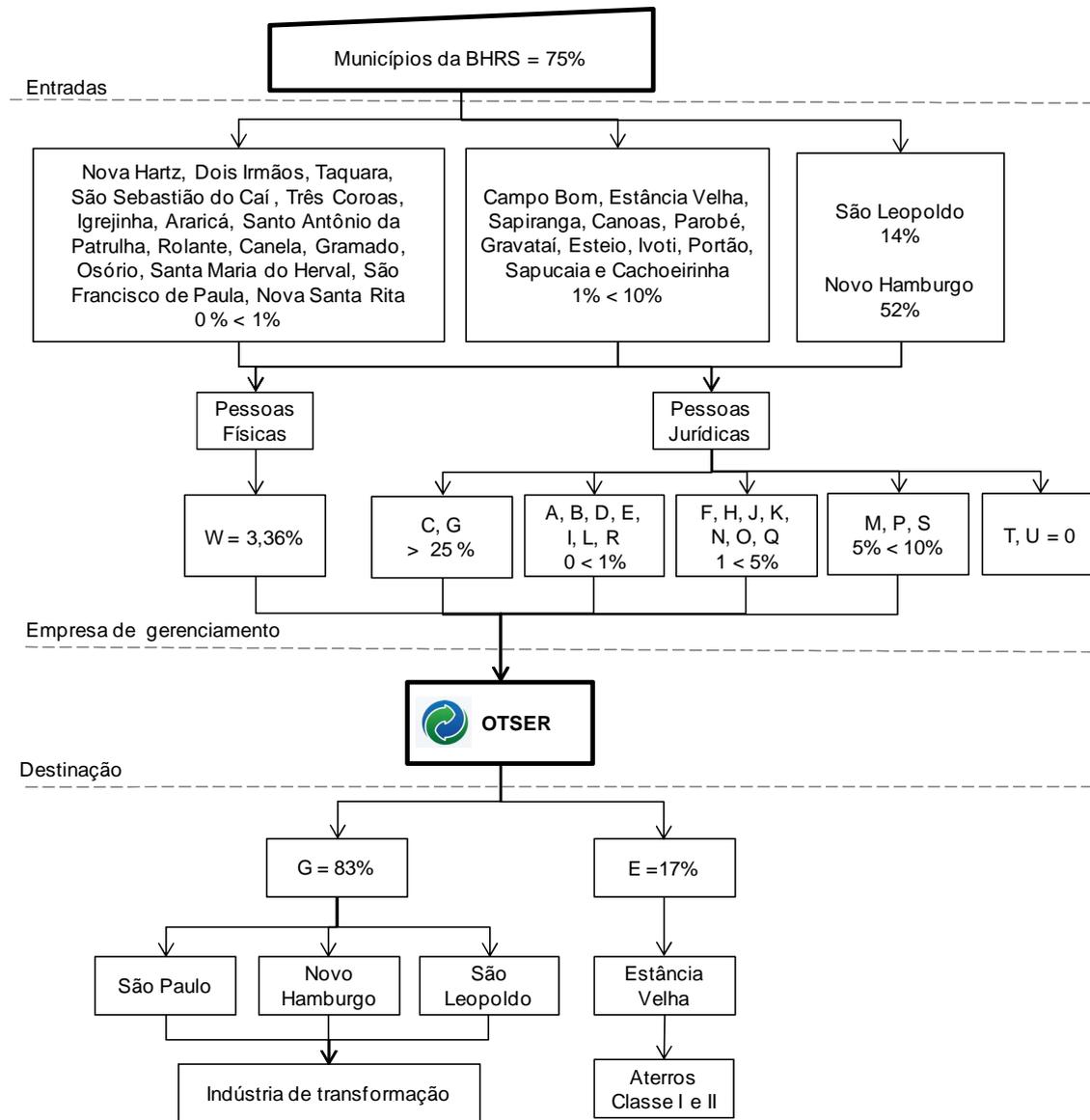
Figura 40 – Localização de destinação final dos resíduos expedidos pela Otser



Diante disto, detectou-se que 83% das empresas dos materiais recicláveis e de destinação final estão localizadas na BHRS. O município de Novo Hamburgo concentra 50% destas, enquanto que São Leopoldo e Estância Velha participam com 33%, ou seja, uma pessoa jurídica por cidade. A empresa que está localizada em São Paulo recebe REEE relativo às placas e componentes eletrônicos de todo o Brasil e encaminha às indústrias de transformação, ou seja, reciclagem, reaproveitamento e refino de metais que estão localizadas no EUA, Europa e Ásia. De acordo com o responsável legal da empresa e em acordo com a literatura, as placas de circuito impresso são materiais que possuem valor agregado devido à composição com metais nobres, porém o processo de reciclagem e recuperação destes exige processos tecnológicos sofisticados que são realizados somente no exterior.

Diante da identificação dos municípios, bem como, geradores de REEE, e empresas de comércio de materiais recicláveis e destinadores finais que fazem parte das relações comerciais da Otser foi possível mapear a cadeia de pós-consumo de REEE relacionada à empresa de gerenciamento de REEE, conforme ilustrado na Figura 41.

Figura 41 – Mapa da cadeia de pós-consumo relacionada à Otser



A partir da elaboração do mapeamento da cadeia produtiva de pós-consumo de REEE recolhidos pela Otser foi possível perceber que a empresa atua basicamente na BHRs, tanto para coleta quanto para o encaminhamento dos resíduos classe II B e disposição dos resíduos classe I. Além disso, pode-se inferir que é preciso desenvolver ações de conscientização e estratégias de marketing para atingir outros setores que não só os governos municipais e também para que seja possível manter a regularidade, mesmo que anual, do descarte de REEE com a empresa, principalmente nos municípios distantes à Otser.

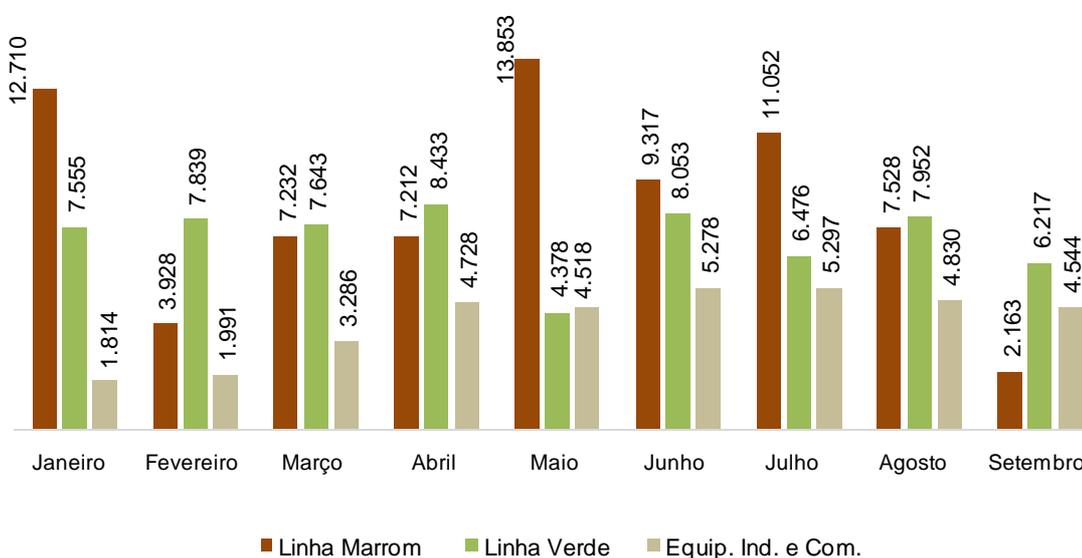
4.2 Resultados do Objetivo 2 - Efetuar o balanço de massa da empresa

Após a verificação dos arquivos disponibilizados pela empresa foram preenchidas as Tabela 8 e Tabela 9, respectivamente referiam-se às entradas de resíduos em massa e unidades. Completando a organização dos dados recebidos a Tabela 10 referiam-se à saída de resíduos da empresa. A partir destes dados foi elaborado o balanço de massa apresentado nos gráficos a seguir descrito, ao invés de apresentar as tabelas preenchidas.

Os resultados estão organizados conforme os tipos de resíduos, ou seja, fez-se primeiramente os dados de entrada, saída e balanço de massa das linhas que compõe os REEE, depois os resíduos classe I, classe II e para a finalização deste capítulo foi apresentado os resultados gerais dos resíduos.

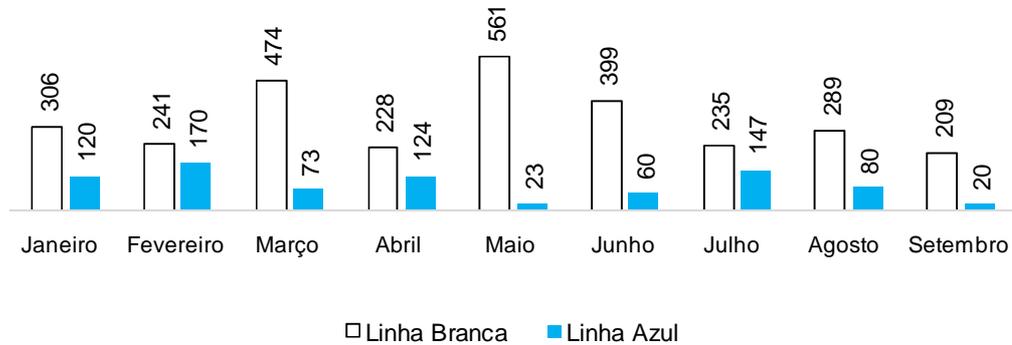
As entradas e saídas de resíduos relativos aos REEE apresentam-se na Figura 42 e na Figura 43, conforme as respectivas linhas.

Figura 42 – Entrada mensal das linhas com maior massa (kg)



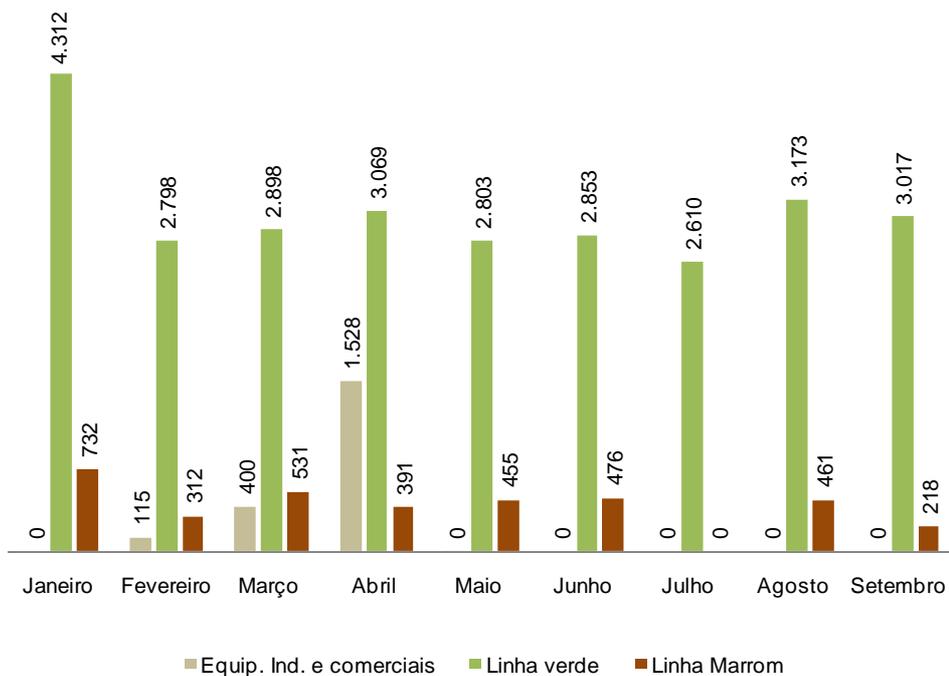
Diante da Figura 42 calculou-se a contribuição de cada uma das linhas. A linha marrom contribuiu com 42%, a verde com 36% e os equipamentos industriais e comerciais representaram 20% na entrada dos REEE na empresa. A linha verde e equipamentos industriais e comerciais mantiveram regularidade na contribuição, visto que estes advinham normalmente de pessoas jurídicas.

Figura 43 – Entrada mensal das linhas de menor massa (kg)



A Figura 43 demonstra que as linhas, branca e azul, obtiveram menores participações na entrada do REEE na empresa. A branca contribuiu com 2% e a azul foi menor que 1%. A isto se atribui os tipos de equipamentos que compõe estas linhas, os materiais que os constituem, metal e plástico, e o baixo número de unidades recolhidas. Por outro lado, notou-se que as linhas, branca e azul foram segregadas, enquanto que alguns itens das demais linhas não foram segregadas, apenas recolhidos, armazenados e expedidos Figura 44 que representa a a saída mensal dos REEE.

Figura 44 – Saída mensal de REEE



Ao observar a Figura 44 percebe-se que a empresa despacha mais resíduos da linha verde se comparada com as demais. Logo, tem-se que a linha verde representa 83% da saída dos REEE, a linha marrom foi quantificada em 11% e os resíduos referentes aos equipamentos industriais e comerciais somaram 6% e saíram esporadicamente inteiros da empresa. As linhas, branca e azul, foram segregadas e convertidas em resíduos classe II B.

Depois de realizar o levantamento mensal de entrada de REEE foi possível ilustrar a quantificação total das linhas, conforme a Figura 45 e a Figura 46. Enquanto que a Figura 47 apresenta a de resíduos expedidos, segundo as linhas. A saídas dos resíduos era quantificada somente por massa, por isto não há a informação unitária.

Figura 45 – Quantidade de REEE recolhido, segundo as linhas (em kg)

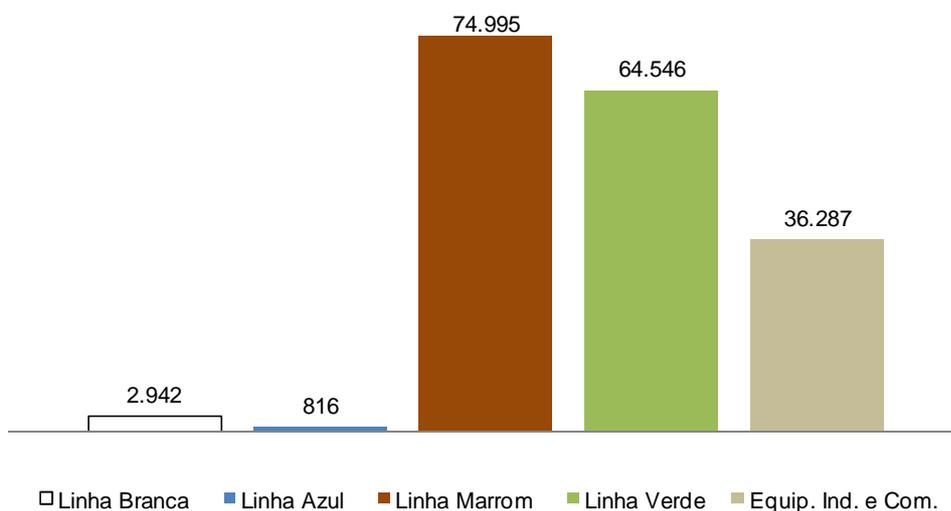


Figura 46 – Quantidade de REEE recolhidos, segundo as linhas (em unidades)

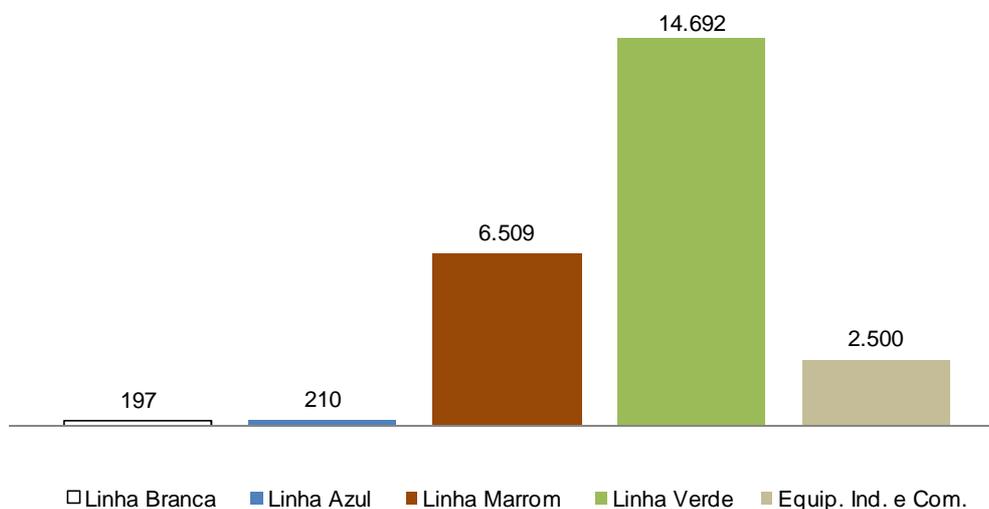
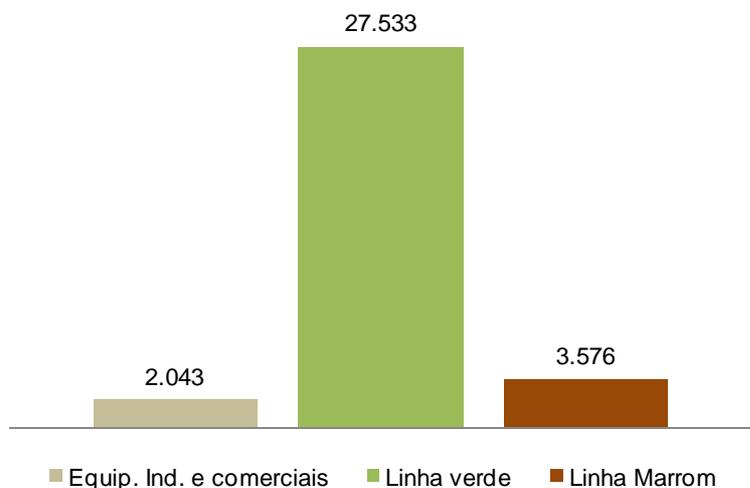


Figura 47 – Quantidade de REEE expedido, segundo as linhas (kg)



De acordo com a Figura 45 e a Figura 46 é possível dizer a linha branca apresentava massa média de 14,93 kg, porque são constituídos predominantemente de metais. Segundo os arquivos disponibilizados constatou-se que 52% dos resíduos eram provenientes de microondas, 39% de condicionadores de ar e os 9% restantes são distribuídos entre máquina de lavar louça, centrífuga e máquina de lavar e secar roupa, forno elétrico.

Foram recolhidas mais unidades de equipamentos da linha azul do que da linha branca. Porém a linha azul contribuiu com menos massa de resíduos recolhidos porque nestes resíduos há predominância de plásticos. Foi identificado que 35% da linha azul eram equipamentos de limpeza e manutenção, como por exemplo, aspirador de pó, lava jato, ferramentas e outros semelhantes. Os eletrodomésticos de cozinha representaram 30%, os equipamentos de conforto, ou seja, ventiladores e aquecedores de ar foram 31%, enquanto que 4% envolviam resíduos de equipamentos de beleza, ou seja, secadores de cabelo.

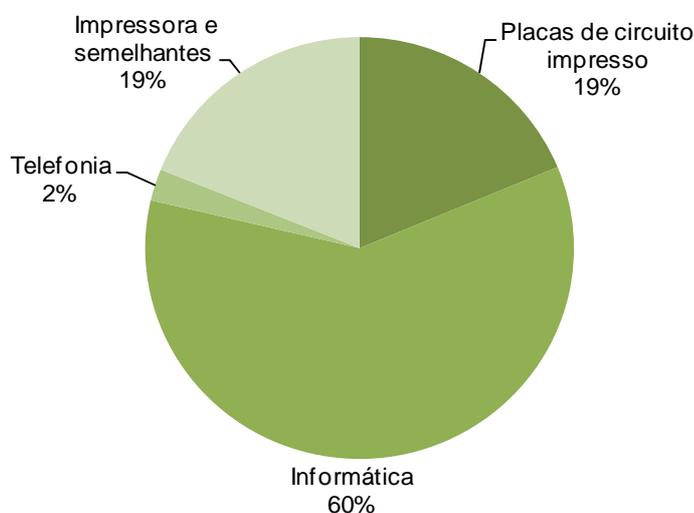
Conforme com a Figura 45 e a Figura 46 pode-se dizer que a massa média da linha marrom foi de 14,50 kg. E, quantificou-se que 95% eram televisores e monitores, enquanto que 5% referiam-se a outros resíduos de equipamento de áudio e vídeo. Dentre os resíduos de equipamentos de imagem, identificou-se que 56% eram monitores e 44% eram televisores ou partes. Salienta-se que estes eram de diferentes marcas, modelos e ano de fabricação, encontrando-se aparelhos com tubos de raios catódicos (CRT), tela de cristal líquido (LCD) e LED. Então, pode-se inferir que a linha marrom apresentou a maior massa dentre os REEE devido à heterogeneidade das características predominantes dos equipamentos de imagem.

A empresa realiza a segregação dos equipamentos da linha marrom, exceto das partes que são consideradas resíduos classe I, no caso os CRTs e LCDs, porque não tem condições.

Sendo assim, faz o armazenamento, e o encaminhamento à destinação final dos equipamentos de imagem. Por outro lado a Figura 47 demonstra que foram expedidos 3.576 kg, ou seja, 5% de resíduos referentes à linha marrom. Destes, 40% eram televisores e 60% monitores.

Os resíduos que pertencem à linha verde obtiveram a segunda maior massa com 64.545,70kg, mas o maior recolhimento em unidades de equipamentos, partes ou peças se comparados com as outras linhas, resultando em massa média de 4,40kg. A Figura 48 mostra a composição da linha verde e as respectivas quantidades referentes à massa recolhida.

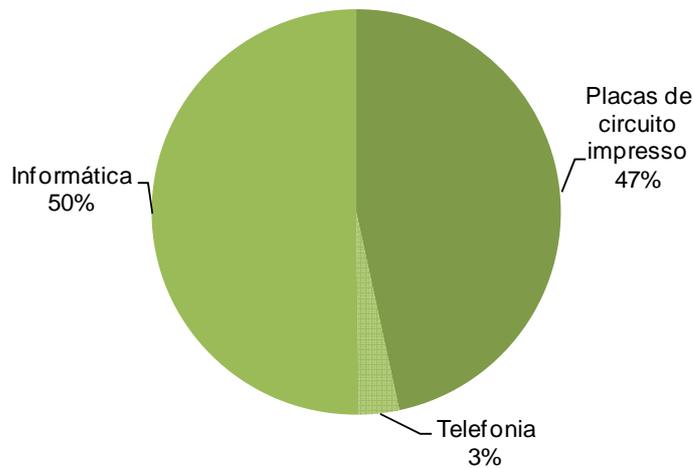
Figura 48 – Composição de entrada da linha verde (kg)



Na Figura 48 visualiza-se que os resíduos de telefonia foram os que contribuíram com o menor percentual, enquanto que os de computadores foram os que obtiveram a maior participação na coleta de REEE da linha verde. Os resíduos de telefonia incluem telefones fixos e móveis, diante disto verificou-se que a massa média foi de 700g. Os equipamentos, partes ou peças relativas às impressoras e semelhantes corresponderam a massa média de cerca de 7kg. Já para os relativos às placas de circuito impresso foram quantificados 12.085kg. Os resíduos de computadores incluíram *desktops*, *notebooks*, semelhantes e periféricos, os quais atingiram aproximadamente 38.667 kg em, representando uma massa média de 3,84 kg.

A linha verde expediu aproximadamente 27.533 kg sem que estes passassem pelo processo de segregação ou descaracterização. Logo, a linha verde foi obtida maior contribuição na saída dos REEE. A Figura 49 demonstra os itens que compõem a saída dos resíduos da linha verde.

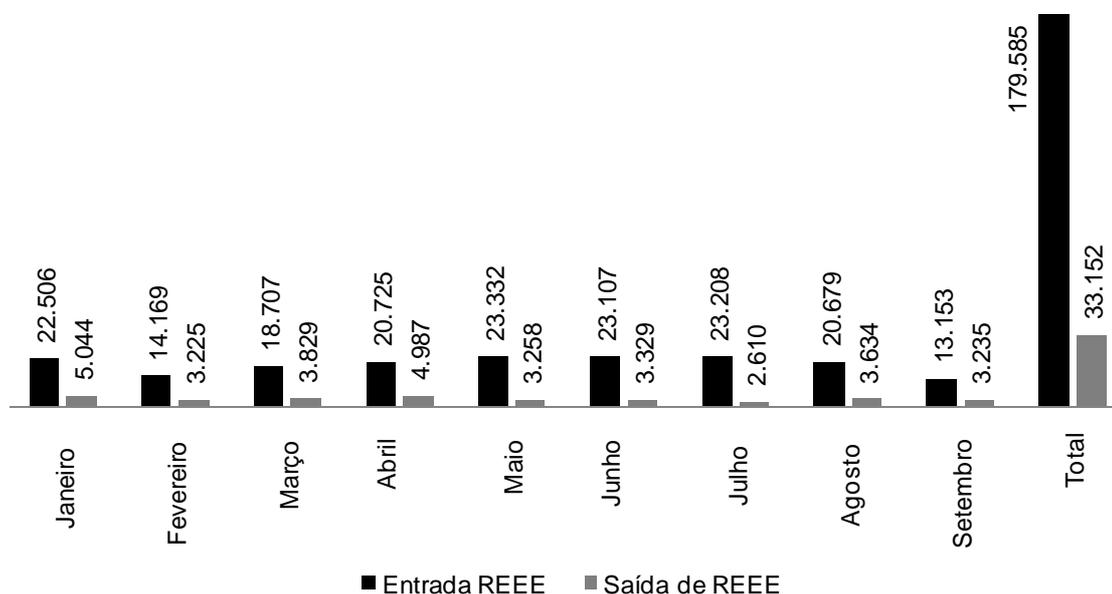
Figura 49 – Composição de saída da linha verde (kg)



Segundo a Figura 49 é possível informar que os itens relacionados à informática somaram 13.820,79 kg, as placas de circuito impresso contribuíram com 12.837,25 kg e a telefonia participou com 875 kg. As impressoras e semelhantes foram segregados, portanto não há registro de saída destes REEE.

Quanto aos resíduos classificados como equipamentos industriais e comerciais quantificou-se a entrada de aproximadamente 36.286,73 kg e uma massa média de 14,81 kg segundo a Figura 45 e a Figura 46. São considerados resíduos heterogêneos quanto à composição de materiais e tamanho. De acordo com a Figura 47 foram expedidos inteiros 2.042,56 kg de resíduos denominados equipamentos industriais e comerciais, ou seja, a menor quantidade se comparada com as outras linhas. Logo, infere-se que a empresa conseguiu segregar a maior parte destes. Após a realização dos levantamentos de entrada e saída dos resíduos que compõe as linhas fez-se o balanço de massa dos REEE, conforme apresentado na Figura 50.

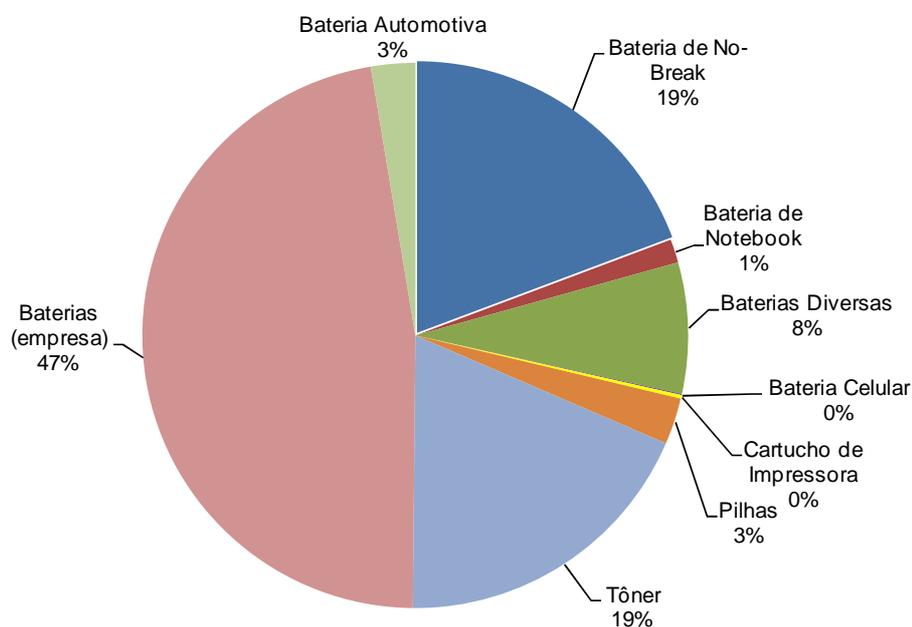
Figura 50 – Balanço de massa dos REEE



A Otser coletou 179.585 kg de REEE e 18 % destes que saíram inteiros ou em partes ou peças. Logo, infere-se 82% dos REEE foram convertidos em resíduos classe II B, conforme a Figura 50 onde nota-se o fluxo de REEE coletado e expedido. Também é perceptível a variação da quantidade de resíduo recolhido e o decréscimo do volume, isto contribuiu para o fechamento das atividades da empresa. Na Figura 42, é possível perceber que existe a predominância dos resíduos da linha marrom e os denominados equipamentos industriais e comerciais, e segundo informação do responsável pela empresa são resíduos com menores valores, se comparados com alguns itens da linha verde. Quanto à saída de REEE pode-se verificar que houve uma regularidade na expedição.

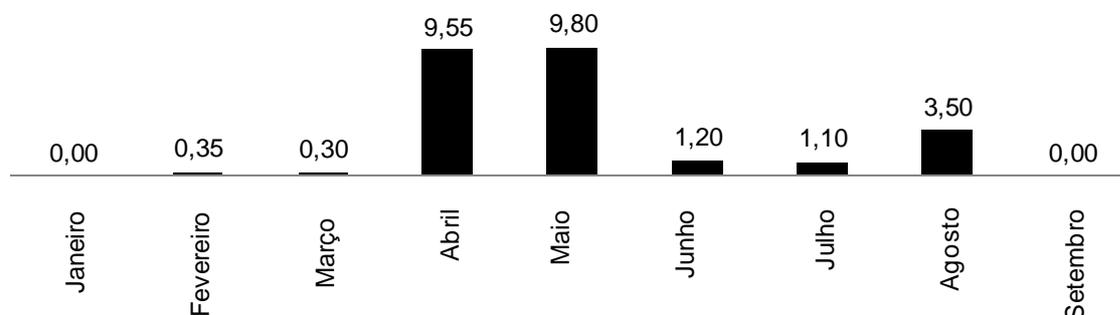
A empresa coletou e encaminhou à destinação final aproximadamente 4.300 kg de resíduos classe I - perigoso. Cerca de 99% dos resíduos classe I referiam-se aos componentes que contribuem para o funcionamento dos REEE, como por exemplo, pilhas e baterias, enquanto que 1% eram lâmpadas. Cerca de 1% dos resíduos classe I referia-se as lâmpadas. A Figura 51 ilustra a composição da maior parte dos resíduos classe I – perigosos.

Figura 51 – Composição dos resíduos classe I (kg)



Os arquivos disponibilizados apresentavam três denominações para as lâmpadas, geral, LED e de emergência. Para o cálculo de resíduo classe I foram consideradas as denominadas gerais, porque estas chegavam misturadas à empresa. As quantidades relativas às outras denominações foram transferidas para os REEE, equipamentos industriais e comerciais. A Figura 52 demonstra a entrada mensal das lâmpadas consideradas resíduos classe I.

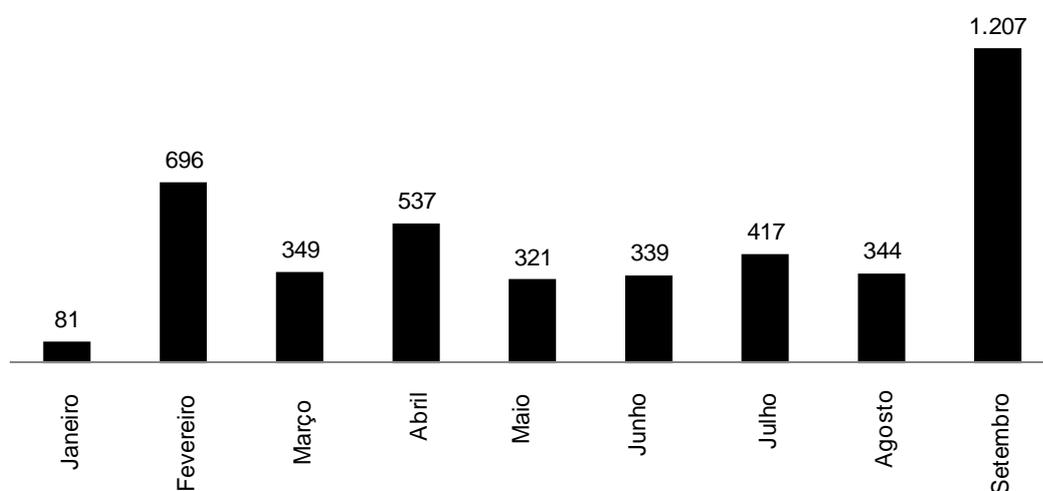
Figura 52 – Entrada mensal de lâmpadas (kg)



A partir da Figura 52 nota-se que o recolhimento das lâmpadas é variável, mas normalmente tem baixa contribuição, exceto nos meses de abril e maio. Pode-se dizer que massa total das lâmpadas foi 25,80 kg para 98 unidades, ou seja, massa média de 263 gramas.

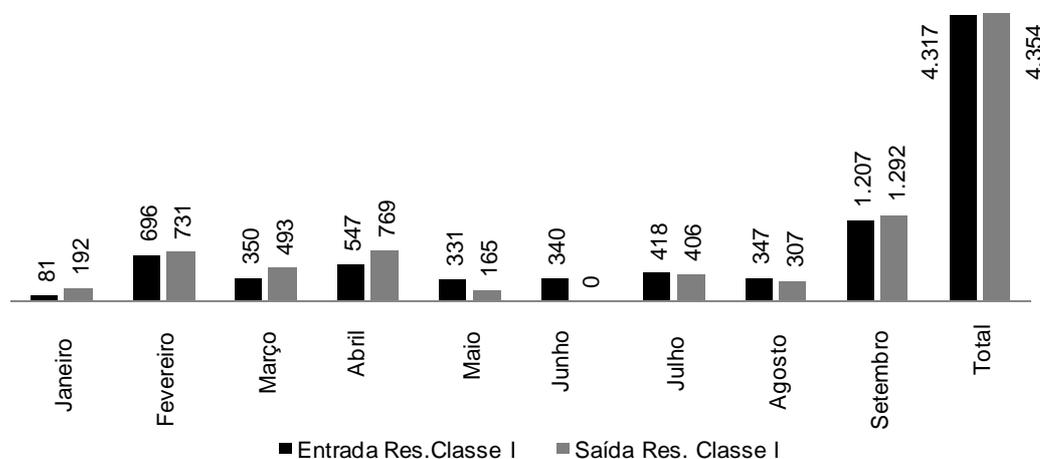
Os dados relativos às lâmpadas em alguns meses apresentavam informações discrepantes entre o número de unidades e as massas. Sendo assim, o responsável da empresa foi questionado sobre a quantificação das lâmpadas e este informou que contabilizaram as lâmpadas junto com as luminárias. Então, com base nos meses em que as informações eram coerentes, fez-se um cálculo baseado na massa média das lâmpadas para encontrar o número de unidades. A Figura 53 apresenta a entrada mensal dos demais resíduo classe I agrupados.

Figura 53 – Entrada de pilhas, baterias e t ner (kg)



A entrada dos resíduos apresentados na Figura 53 se deu porque estes normalmente estão inseridos dentro de parte ou peças dos REEE para que ocorra o funcionamento adequado, como por exemplo: baterias de celulares, pilhas em controle remoto entre outros. E, nota-se que o m s de setembro contribuiu com 30% da entrada deste resíduo na empresa, isto se deve a um descarte de baterias de uma empresa. Após os levantamentos realizados, fez-se o balanço de massa de resíduos classe I da empresa durante o período analisado, conforme apresentado na Figura 54.

Figura 54- Balanço de massa dos resíduos classe I (kg)



De acordo com a Figura 54 nota-se que existe a entrada e a saída mensal dos resíduos classe I, segundo os arquivos digitais disponibilizados. No entanto, de acordo as informações do responsável pela empresa estes resíduos permaneciam armazenados na empresa em local separado dos demais resíduos e dentro de recipientes. Durante o período monitorado não houve descarte. Além disso, percebe-se que o volume de entrada é menor que o de saída, pode-se inferir que tenha sido resíduo gerado pela própria empresa.

A empresa também realizou a coleta dos resíduos classe II B – não perigoso/inerte: metais, plásticos, papel/papelão, vidro, madeira e misturados. As informações relativas à entrada mensal dos resíduos classe II B apresentam-se na Figura 55 e na Figura 56. Já a Figura 57 demonstra a saída destes resíduos da empresa.

Figura 55 – Entrada mensal dos resíduos classe II B com maiores massas (kg)

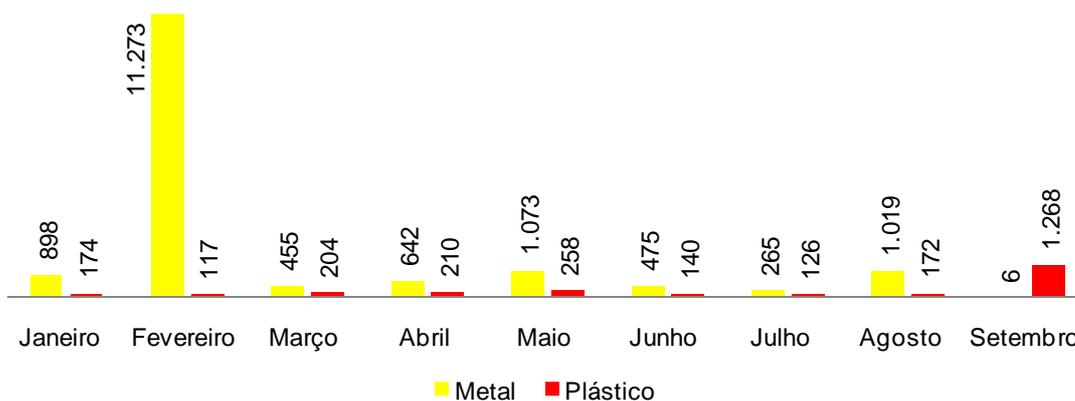


Figura 56 – Entrada mensal dos resíduos classe II B com menores massas (kg)

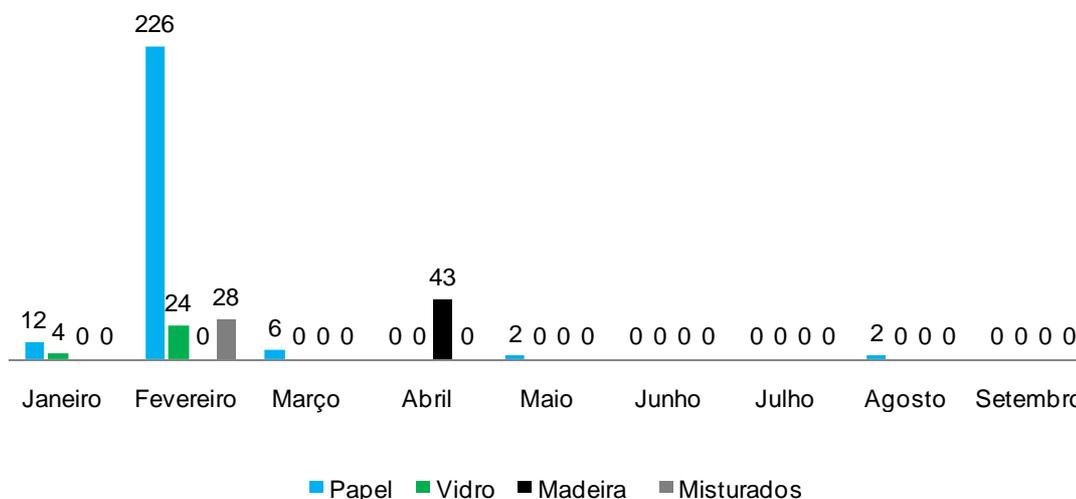
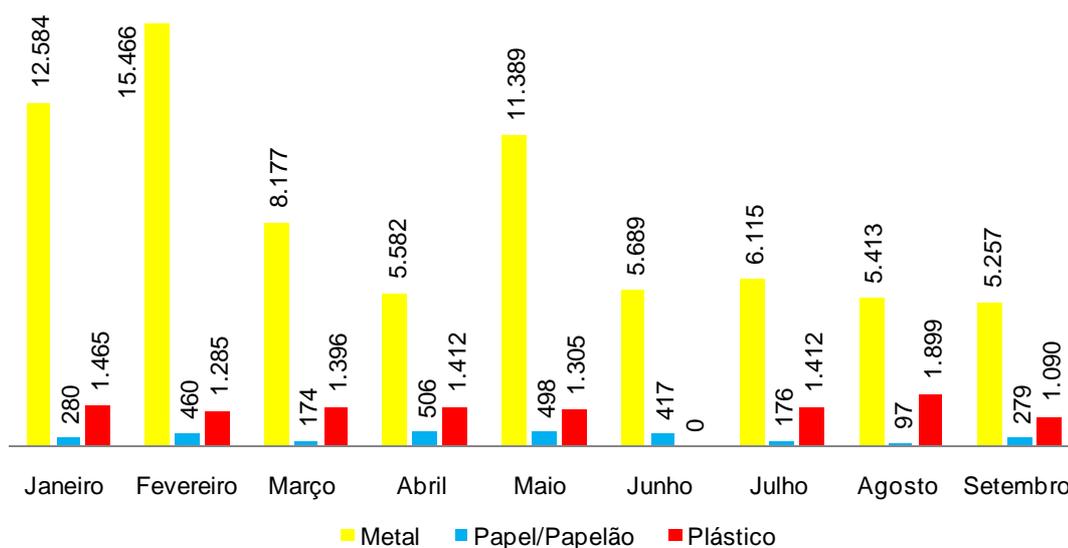


Figura 57 – Saída dos resíduos classe II B da empresa (kg)



De acordo com a Figura 55 e a Figura 57 nota-se que o metal e o plástico são os resíduos que apresentaram as maiores contribuições para a empresa. O metal representou 84% dos resíduos recolhidos e expedidos, com 16.105 kg e 75.672 kg, respectivamente. A entrada de plástico representou 14%, ou seja, coletou-se 2.668,08 kg. Enquanto que a saída resultou 13%, ou seja, 11.264 kg.

Na Figura 55, ainda nota-se que a quantidade de metal recolhido no mês de fevereiro foi o responsável por 59% dos resíduos classe II B coletados durante os nove meses. Isto quer dizer que em fevereiro foram recolhidos 11.273 kg, isto ocorreu porque uma empresa de elevadores descartou os resíduos de seus equipamentos junto à empresa. No entanto, em

setembro houve a menor coleta de metal. Já na Figura 57, confirma-se a maior saída de metal ocorreu em fevereiro com representatividade de 71% do total de resíduo expedidos neste mês. Logo, pode-se dizer que em fevereiro 29% da massa relativa ao metal foi proveniente da descaracterização de REEE e de outras partes ou peças metálicas recolhidas.

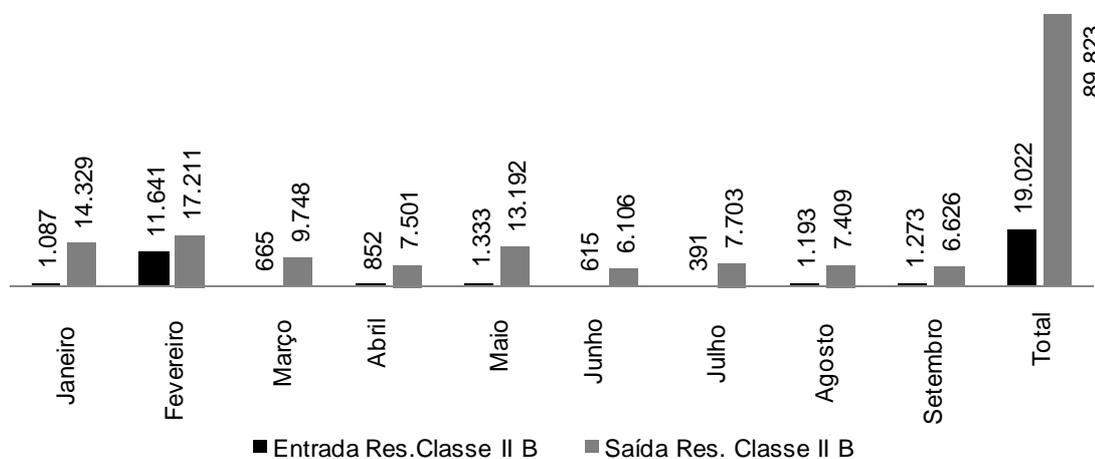
Com base nos arquivos disponibilizados foi possível identificar alguns tipos de metais com os respectivos percentuais de massa quando foram expedidos da empresa. Então, pode-se observar que o ferro representou aproximadamente 80%, o alumínio 9%, o cobre 2%, o inox 1% e os outros 8% foram relativos aos equipamentos, partes ou peças constituídos de metais não classificados pela empresa.

Na Figura 55 e na Figura 57, percebe-se a regularidade da entrada e saída dos plásticos. Porém na Figura 55, está registrado a o maior recolhimento de plástico no mês de setembro, isto representou 47% do recolhimento de resíduos do mês, e contribuiu com 7% para a coleta total de resíduos no período monitorado. Os plásticos não são classificados na Otser, isto é, eles eram encaminhados misturados aos terceiros.

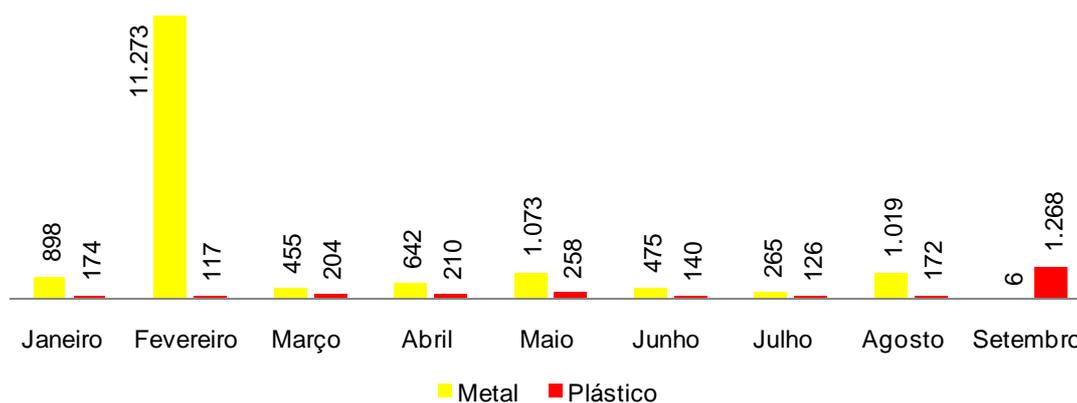
A Figura 56 demonstra que a contribuição do papel/papelão foi de 2%, diga-se 249 kg, de forma esporádica e variável. Sendo que, 226 kg, ou seja, 91% da coleta deste resíduo foram no mês de fevereiro. Foi possível verificar que o papel/papelão representou 3%, ou seja, 2.888 kg na saída dos resíduos classes II B, segundo a Figura 57.

E, ainda quanto à Figura 56 pode-se dizer que os resíduos de vidro, misturados e madeira, apresentaram respectivamente 28 kg, 28 kg e 43 kg e representaram menos que 1% dos resíduos coletados. E, conforme a Figura 57 não há nenhum registro de saída destes resíduos. Segundo, as informações do responsável pela empresa os denominados misturados foram descartados na coleta pública e a coleta destes resíduos foi uma situação excepcional. O balanço de massa do resíduo classe II B apresenta-se na Figura 58.

Figura 58 – Balanço de massa dos resíduos classe II B (kg)



De acordo com a Figura 58, percebe-se que não há regularidade na entrada e nem na saída deste resíduo. Conforme a Figura 55 e Figura 56 empresa coletou 19.120 kg resíduos classe II B, mas os que foram considerados com valor comercial somaram 19.022 kg, ou seja, foram excluídos os resíduos de vidro, madeira e misturados. A empresa expediu 89.823 kg destes resíduos, o acréscimo foi 4,7 vezes maior que a entrada deste resíduo na empresa, a isto se atribui a segregação dos materiais proveniente dos REEE.

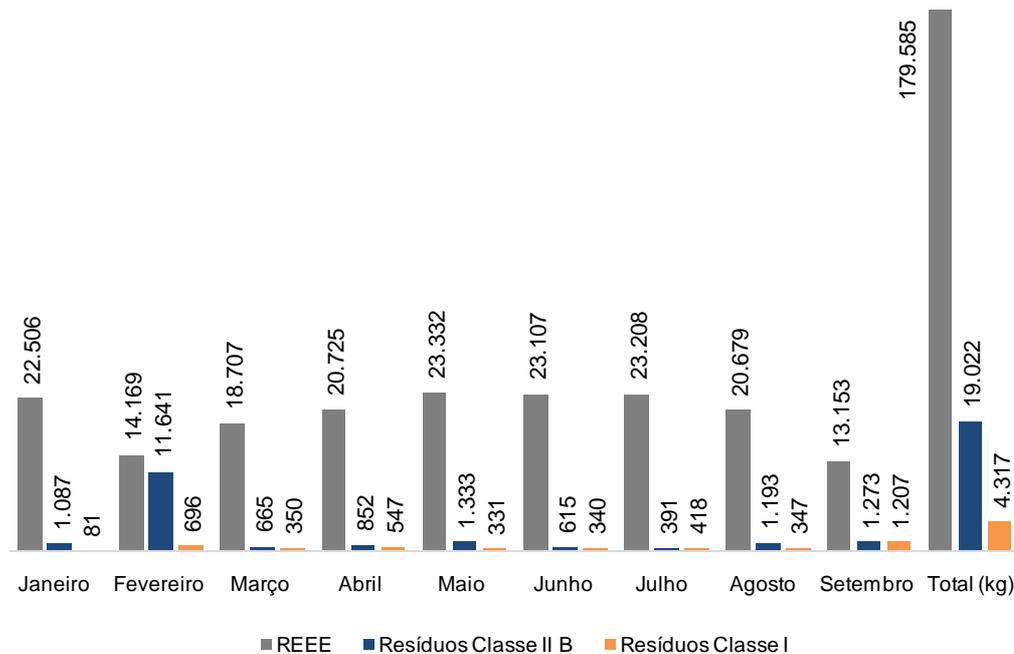


z

Figura 56 Os resíduos classes II B foram recolhidos e separados conforme os tipos apresentados, armazenados e posteriormente enviados a terceiros que fazem com que ocorra a reinserção destes na cadeia produtiva na indústria de transformação. A Otser não encaminhou os resíduos classes II B diretamente à indústria de transformação porque a quantidade recolhida é considerada baixa para a comercialização direta, segundo informações do responsável pela empresa.

Após apresentar o balanço de massa dos resíduos classificados separadamente, fez-se o balanço geral do gerenciamento dos resíduos coletados e expedidos pela empresa. A Figura 59 ilustra o comparativo das entradas dos resíduos.

Figura 59 – Entrada de resíduos na Otser (em kg)



De acordo com a Figura 59 verificou-se que a Otser recolheu aproximadamente 203 mil quilos de resíduos, classificados em REEE, resíduos classe I e classe II B. Os REEE representaram 88,5%, os resíduos classe II B foram 9,4% e os classe I, 2,1%. Foram excluídos deste cálculo os resíduos referentes ao vidro, madeira e os misturados que foram menores que 1%, ou seja, 98,50 kg.

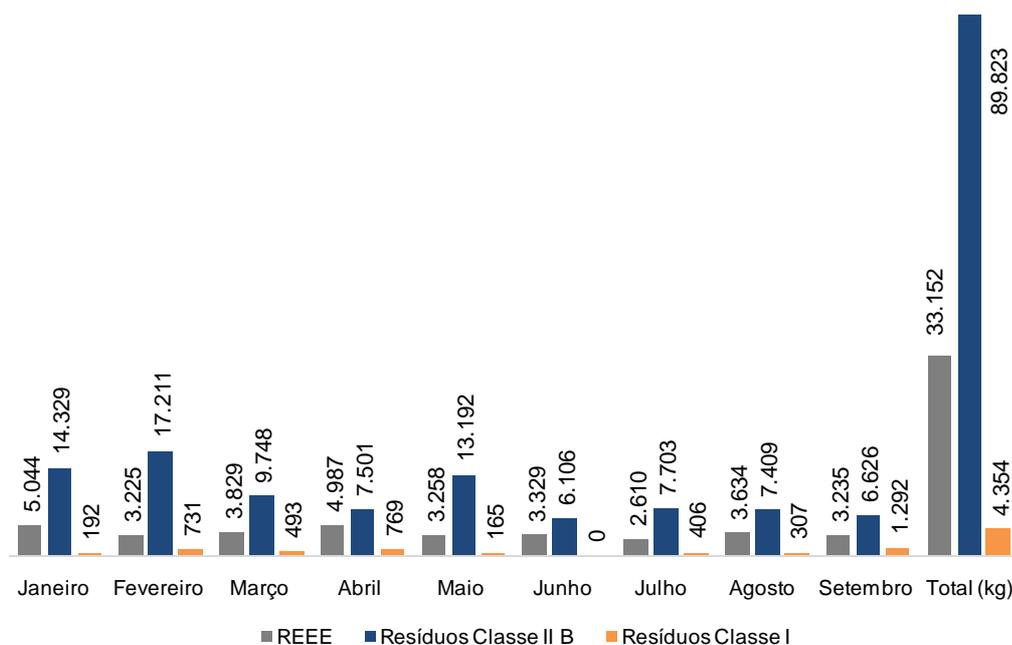
Os REEE apresentaram a maior entrada na empresa, foi possível observar que os meses de janeiro, maio, junho e julho contribuíram respectivamente com, 95,1%, 96%, 96,6% e 93,3% para a entrada de resíduos mensal. Então, pode-se dizer que estes meses participaram com 45,5% para a quantificação total dos resíduos que ingressaram na empresa. Além disto, pode-se dizer que houve uma redução de 12,5% na coleta dos REEE, durante o período monitorado.

E ainda, nota-se que em de fevereiro houve a maior coleta de resíduo classe II B representando 61,2% desta classificação. Além disto, a massa recolhida destes foi de 43,9%, enquanto que a dos REEE foi de 53,4%, logo a quantidade recolhida destes resíduos foram semelhantes em fevereiro. Por outro lado, setembro foi o mês que apresentou a menor coleta

dos REEE. Apesar de ter contribuído com 84,1% da coleta do mês, representou 7,3% do recolhimento total dos REEE e obteve 6,5% na participação de todos os resíduos recolhidos no período analisado. Já os resíduos classe I e II B registraram participações semelhantes na coleta mensal com 7,7% e 8,1% respectivamente. No entanto, o resíduo classe I apresentou a maior entrada da sua classe com 28% e em relação ao recolhimento total de resíduos representou 0,6%.

E, ainda referente aos resíduos classe I foi verificado que no mês de janeiro houve a menor participação deste no recolhimento da empresa. Enquanto que os de classe II B apresentou a menor contribuição em julho. A Figura 60 demonstra o comparativo da expedição dos resíduos pela empresa.

Figura 60 – Saída de resíduos da Otser (em kg)



Conforme a Figura 60 foi constatado que a Otser expediu 127.328, 60 kg, porém comercializou aproximadamente 123 mil quilos de resíduos. Do total expedido, 71% eram recicláveis e estavam segregados, ou seja, pertenciam aos resíduos classe II B, enquanto que 26% saíram em partes ou inteiros referentes aos REEE e 3% foram relativos aos resíduos de classe I.

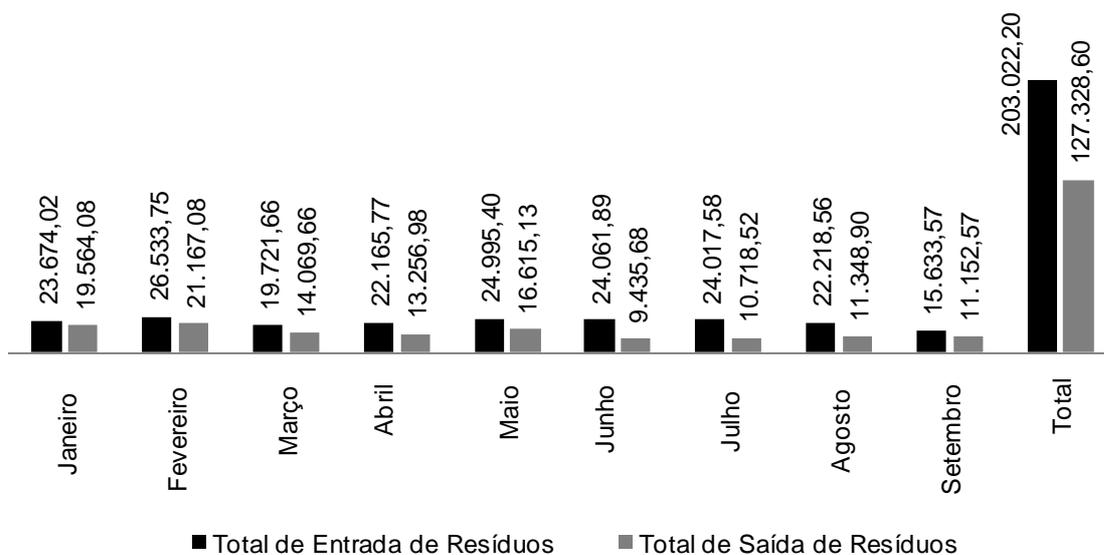
E ainda, verificou-se que os meses de fevereiro, janeiro e maio apresentaram respectivamente as maiores saídas de resíduos com 16,6%, 15,4% e 13% referente ao total. Por outro lado, o mês de junho expediu 7,4%, a menor registrada.

Os meses de janeiro e abril registraram as maiores saídas de REEE sem segregação com cerca de 25% dos resíduos expedidos no mês, 15% referente aos expedidos desta classificação e representou 4 % em relação ao total expedido no tempo monitorado. Por outro lado, o mês de julho apresentou a menor participação com 13,3% de saída.

Ao que se refere aos resíduos de classe II B, foi possível verificar estes representaram 81,3% do resíduo expedido em fevereiro, 19,2% quanto a saídas desta categoria e 51,9% em relação ao total de resíduos expedidos pela empresa. Logo, o mês de fevereiro registrou a maior comercialização de resíduo classe II B. No entanto, o mês de junho registrou as menores massas expedidas, ou seja, saíram 64,7% de resíduos classe II B neste mês, que representaram 6,8% para a categoria e 18,4% referente ao total expedido. Com base nisto, foi verificado que houve uma redução de 13,4% na saída de resíduo classe II B durante o desenvolvimento da pesquisa.

Se o descarte dos resíduos classe I tivessem ocorrido conforme a Figura 60 o maior descarte teria ocorrido em setembro quando o resíduo representou 11,6% dentre os demais, enquanto que participou em 29,7% em relação a sua categoria, e representou 1% em relação ao total expedido. No entanto, conforme já foi mencionado, estes permaneceram armazenados durante o período da pesquisa. Diante das informações expostas foi elaborada a Figura 61 que apresenta o balanço de massa dos resíduos de forma geral.

Figura 61 – Balanço de massa dos resíduos da Otser (kg)



Conforme a Figura 61 verifica-se que há uma regularidade na entrada dos resíduos na empresa, exceto nos meses de fevereiro e setembro, quando entraram 13% e 8%, respectivamente. Ao que se refere à saída dos resíduos nota-se uma oscilação, sendo que os meses de janeiro e fevereiro foram os que mais expediram com 15% e 17% enquanto que a partir de junho houve uma redução que ficou entre 7% e 9%.

A Figura 61, é perceptível que a entrada de resíduos é maior que a saída. No entanto, é preciso considerar que alguns destes resíduos saíram sem passarem pelo processo de segregação, e outros eram apenas armazenados e destinados, mesmo assim a empresa mantinha um estoque para ser segregado caso houvesse uma redução na coleta de REEE. Logo, com a redução da coleta de REEE houve impacto nas atividades de produção e consequentemente na área financeira da empresa acarretando o encerramento das atividades em outubro de 2016.

O responsável pela empresa em um determinado momento chegou a comentar que durante a coleta de REEE era possível perceber que equipamentos que antes possuíam valor agregado estavam chegando sucateados para a empresa, impactando no valor comercial dos resíduos. Ele também relatou que devido à crise econômica do país as pessoas jurídicas estavam descartando menos, e quando a faziam algumas propunham leiloar o seu REEE entre as empresas de gerenciamento os resíduos. Outro aspecto que pode ter impactado na redução da quantidade de resíduos coletados pela empresa é a incorporação desta atividade às unidades de triagem ou o descarte inadequado junto com atravessadores.

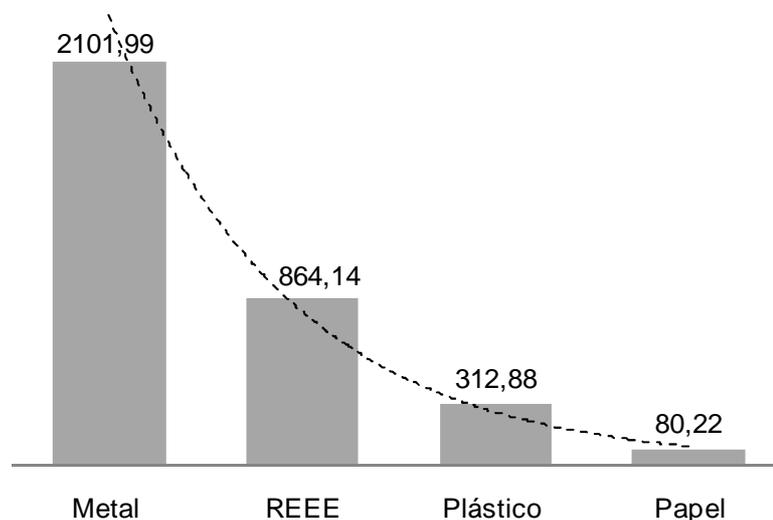
4.3 Resultados do Objetivo 3 – Propor melhorias no leiaute e no fluxo produtivo da empresa em estudo

De acordo com o subitem 3.5.1 notou-se que a situação do estudo de caso, enquadra-se nas etapas do planejamento, II e III do leiaute, segundo Muther (1978). As análises referentes às fases I e IV não foram necessárias porque a fase I refere-se à localização e a empresa já atuava em um prédio existente. Enquanto que a fase IV é de implantação, que não faz parte desta pesquisa, mas também não poderá ser executada devido ao encerramento das atividades da empresa em outubro de 2016.

O subitem 3.5.2 foi realizado com base nas informações coletadas na entrevista semiestruturada e advindas do balanço de massa da empresa. Iniciou-se a aplicação dos métodos para elaboração de uma nova proposta a partir da elaboração diagrama P-Q da Otser conforme a Figura 62.

Conforme foi visto no referencial teórico os assuntos pertinentes à produção e aos métodos de planejamento de leiaute, na maioria das vezes trata de indústrias de manufatura, ou seja, é a transformação da matéria prima em produto acabado que irá atender a necessidade do consumidor. No entanto, a produção da Otser é o caminho inverso das indústrias de manufatura, isto é, a matéria-prima da empresa em estudo é o produto final das de manufatura, no caso o REEE. Por outro lado, consideram-se produto final da Otser os materiais recicláveis, que são reinseridos na cadeia produtiva como matéria-prima para as indústrias. Para elaborar o diagrama P-Q da Otser, foi considerado que P refere-se aos produtos acabados, ou seja, os resíduos expedidos, classe II B e REEE, porque estes são os resíduos comercializados pela empresa. E, para Q foram adotados os valores médios relativos aos nove meses de monitoramento, lembrando que a expedição era realizada semanalmente. O diagrama P-Q está apresentado na Figura 62.

Figura 62 – Diagrama P-Q - Resíduos expedidos/comercializados



Na Figura 62 é possível verificar que a linha de tendência é suave, sendo assim, pode-se definir como um processo leiaute linear ou por produto, a definição está descrita na página 68 da revisão bibliográfica.

Ao definir P-Q, pode-se identificar que o leiaute deve permitir que as operações sigam uma sequência de atividades a serem realizadas, bem como, o mobiliário do setor de produção estará em uma posição fixa. O diagrama P-Q contribui para a definição do método de análise do fluxo de materiais que é a carta de processo.

A visita técnica subsidiou a coleta de informações relativa às instalações físicas e ao processo produtivo, o que permitiu a execução do subitem 3.5.3. Nesta visita, fez-se o levantamento dos dados pertinentes as instalações físicas, fluxos de materiais e outras informações que contribuiriam para a compreensão do funcionamento das atividades da empresa que resultaram na planta baixa da empresa com o leiaute existente, conforme a Figura 63

Durante esta visita o responsável legal foi questionado sobre a organização dos setores da empresa. Então, ele comentou que o leiaute da Otser foi baseado na experiência profissional advinda do setor coureiro calçadista, aonde trabalhou antes de constituir a empresa. Ele ainda salientou que ao observar os funcionários executando as tarefas diárias foram perceptíveis alguns retrabalhos em função da disposição dos setores no leiaute e que isto poderia ser melhorado. E, ainda salientou que os funcionários da Otser recebiam treinamento para executarem as atividades relativas à produção, mas mesmo assim havia rotatividade. Neste momento observou-se que a produção, ou seja, a desmontagem da empresa era realizada manualmente.

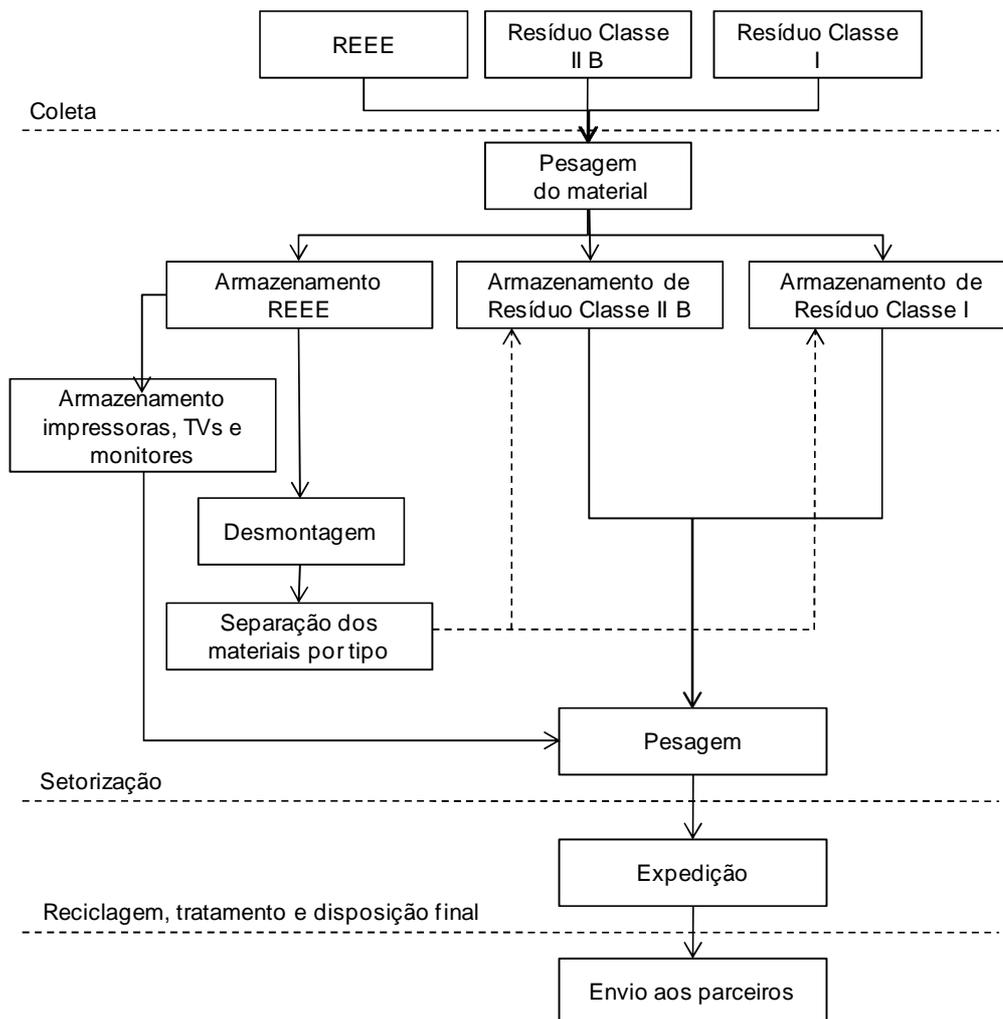
De acordo com a Figura 63 nota-se que as instalações físicas da Otser têm somente um portão que serve de entrada e saída de material e por isso tem-se um procedimento de rotina para recebimento e expedição conforme descrito por Tompkins et al. (2013). O procedimento adotado pela Otser refere-se à organização semanal, ou seja, a entrada de material é feita em qualquer dia da semana conforme agendamento prévio pelas empresas que descartam os REEE, exceto nas sextas-feiras porque este dia foi reservado para a expedição dos resíduos de classe II B.

Quanto aos setores existentes na produção da empresa de gerenciamento de REEE em análise, verificou-se que alguns são semelhantes o CEDIR, estudo de caso realizado por Conde, Xavier e Frade (2014). A Otser não possui áreas de triagem, armazenamento de remanufaturados conforme mencionadas por Conde, Xavier e Frade (2014) porque estas são relacionadas à verificação do funcionamento dos equipamentos para reparo e/ou manutenção e posteriormente ao reúso. No início das atividades a empresa fez algumas experiências relativas aos reparos e reúso dos equipamentos para posteriormente doá-los, mas isto acarretou problemas devido ao baixo tempo de vida útil destes remanufaturados. Sendo assim, os responsáveis legais pela empresa finalizaram a atividade devido à baixa relação custo-benefício.

As áreas destinadas à desmontagem, pré-processamento e pós-processamento são semelhantes às existentes no CEDIR. Estas áreas estão relacionadas ao processo de desmontagem dos REEE, separação dos materiais e armazenamentos destes conforme o tipo de resíduos, classe II B ou classe I. Alguns REEE requerem procedimentos de segregação diferenciados, por exemplo, os televisores de tubos de raios catódicos - CRTs necessitam de descontaminação prévia, diante disto era apenas armazenados.

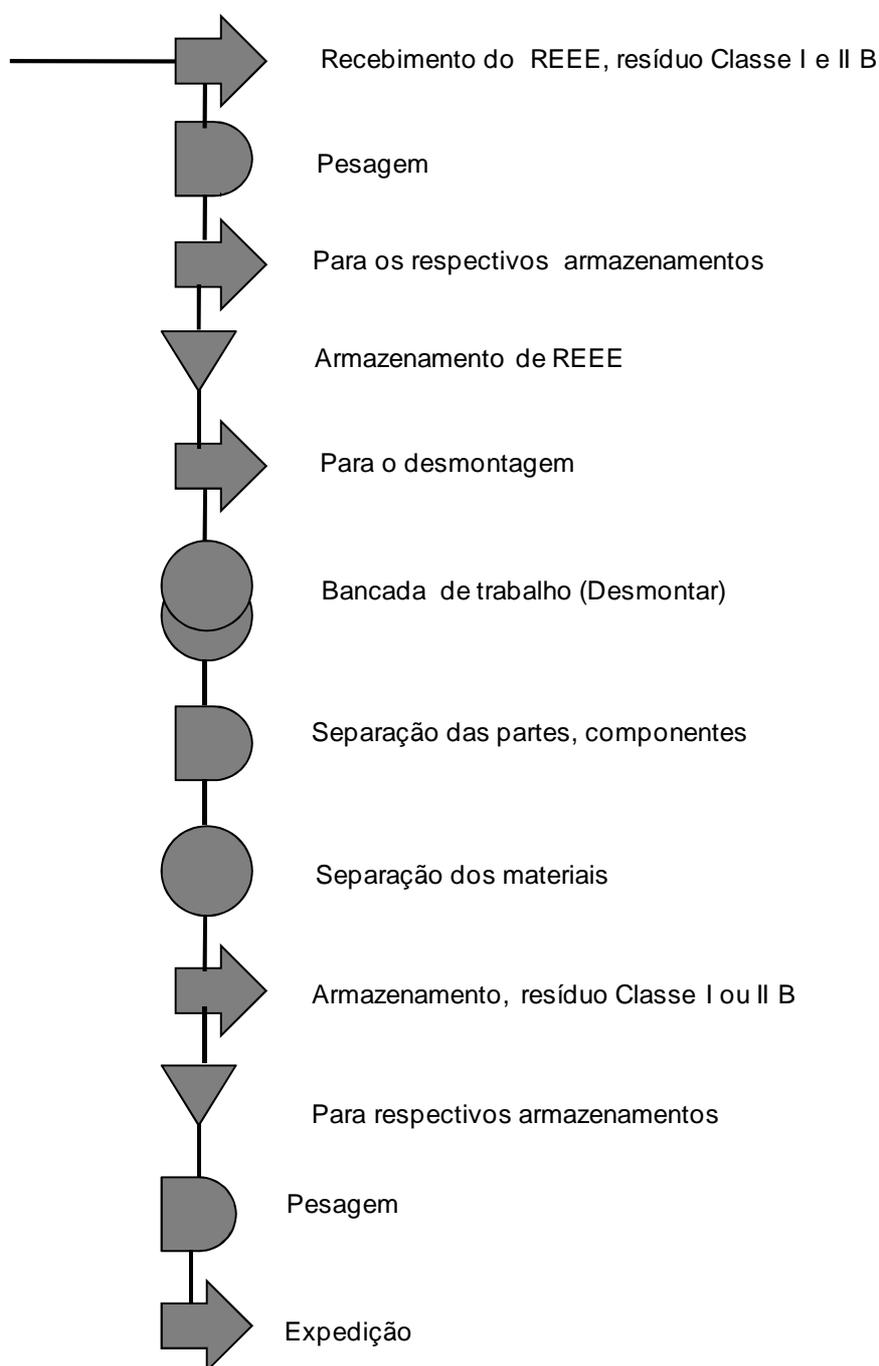
Além do setor produtivo, existiam os espaços destinados à administração e aos serviços que eram importantes para organização da empresa, e estavam localizados respectivamente na frente e no fundo do prédio, conforme apresentado na Figura 63. A partir da distribuição dos setores identificou-se a setorização do fluxo produtivo da Otser conforme a Figura 64.

Figura 64 – Esquema do fluxo produtivo



Após a identificação dos setores e do fluxo produtivo foi possível elaborar o diagrama de processo com base no roteiro (R) de tarefas executadas pelos funcionários da Otser, conforme a Figura 65. Para fins de melhorar a produtividade da empresa o tempo (T) de cada atividade poderia ter sido mensurado, porém T foi desconsiderado já que a produção era manual e havia rotatividade de mão-de-obra.

Figura 65 - Diagrama de processo



Legenda: Simbologia utilizada conforme Quadro 18

Adotou-se o mapofluxograma para demonstrar o fluxo de materiais nos setores, indicado por linhas que significam o percurso dos resíduos sobre a planta baixa (Figura 63). Diante disto, percebe-se que o fluxo existente é confuso, o que faz que o percurso de deslocamento seja maior, com possíveis perdas de tempo na realização das atividades.

Em relação à produtividade da desmontagem dos REEE, o responsável pela Otser disse que os funcionários descaracterizam cerca de 20.000 kg/mês de REEE em cerca 240 dias úteis por ano com uma jornada de trabalho de 8h/dia, em média (Tabela 14 e Tabela 15).

Tabela 14 – Registro da produtividade anual da Otser

| Ano | Desmontagem de REEE (kg/dia) |
|-------------------|-------------------------------------|
| 2013 | 656,51 |
| 2104 | 773,23 |
| 2015 | 1.042,83 |
| 2016 ⁵ | 1.031,40 |

Tabela 15 – Registro de produtividade mensal, em 2016 da Otser

| Mês | Desmontagem de REEE (kg/dia) | Mês | Desmontagem de REEE (kg/dia) |
|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|
| Janeiro | 854,40 | Junho | 1.174,20 |
| Fevereiro | 1.186,75 | Julho | 1.017,20 |
| Março | 1.139 | Agosto | 933,70 |
| Abril | 914,60 | Setembro | 781,10 |
| Maio | 1.280,80 | - | - |

O transporte dos REEE ou dos resíduos classe II B dentro da empresa era realizado por um carrinho de supermercado até os respectivos armazenamentos ou manualmente. O setor de produção refere-se à desmontagem dos REEE, cada funcionário tinha uma bancada de trabalho e utilizavam ferramentas manuais na maior parte do tempo. Exceto para a abertura de motores, porque estes necessitavam de uma serra esmeril.

No interior do prédio os REEE coletados ficavam armazenados em *bags* industriais com volume de aproximadamente 400 kg colocados sobre paletes de madeira com dimensão de aproximadamente 1m x 1m, porém as televisões e monitores eram depositados somente sobre os paletes. Os resíduos classe II B segregados dos REEE eram depositados em caixas de madeira de diferentes dimensões próximo as bancadas de trabalho, enquanto que os resíduos classe I eram armazenados em bombonas plásticas de 200 litros em área específica.

⁵ A informação refere-se até o mês de setembro e foram considerados 20 dias úteis.

Os resíduos classe II B, metais, ficavam armazenados em uma caçamba com volume de 4 toneladas do lado externo do prédio, ou seja, no pátio. Algumas vezes, devido à demanda os plásticos também ficavam do lado externo aguardando a expedição, porém estavam em *bag* e sobre os paletes.

A execução do subitem 3.5.5 deu-se a partir do levantamento dos setores existentes e da definição do diagrama P-Q. Sendo assim, foi elaborado o diagrama de inter-relações, por meio da carta de interligações preferenciais, conforme apresentado na Figura 66.

A nomenclatura para a identificação dos setores foi baseada na nomenclatura já utilizada pela empresa. Colocou-se a simbologia da carta de processo com as respectivas simbologias para facilitar a visualização das atividade/ações relativas aos setores.

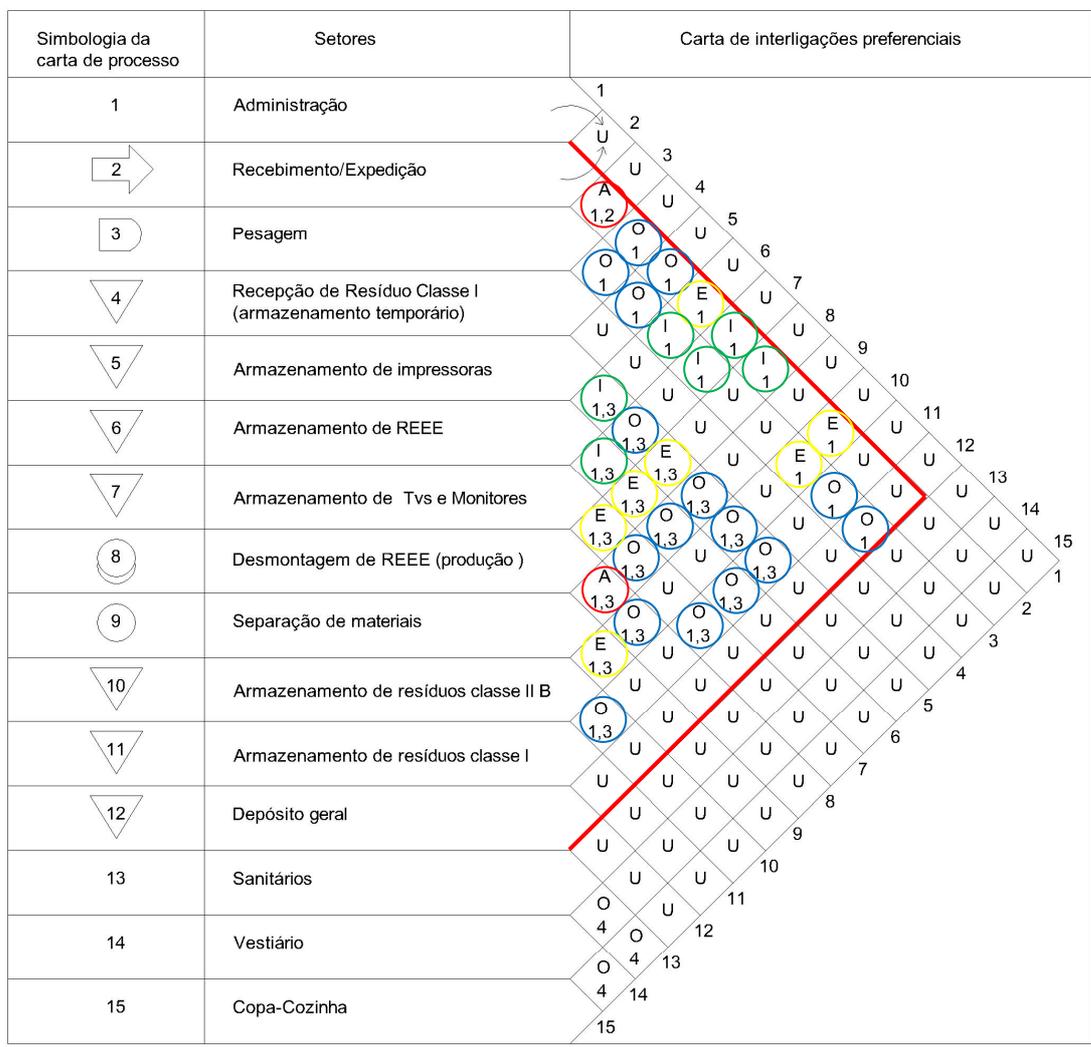
A demarcação da linha vermelha entre os setores 1 e 12 na Figura 66 refere-se aos que compõem a área do processo produtivo da empresa. Os demais setores foram elencados porque fazem parte da empresa e são necessários para apoio e funcionamento da empresa, mas para esta etapa do planejamento do leute tornam-se pouco relevante visto que a empresa se encontra, já instalada e operando, portanto foram excluídas para o diagrama de inter-relação. A leitura da matriz triangular é realizada conforme a indicação das setas localizadas no primeiro losango com a letra U. Lê-se: a relação entre a administração e recebimento/expedição é sem importância, e assim sucessivamente. Já os números colocados na parte inferior indicam os motivos pelos quais os setores precisam ficar próximos, conforme apresentado no Quadro 20.

Quadro 20 – Justificativas para a proximidade dos setores

| Código | Razão |
|---------------|-------------------------------|
| 1 | Fluxo de material (manuseio) |
| 2 | Registros (entradas e saídas) |
| 3 | Funcionários em comum |
| 4 | Serviços |

As razões apresentadas foram baseadas no fluxo de materiais, importância do controle de registro dos resíduos de entrada e saída, área de apoio para os funcionários e setores e atividades compartilhadas pelos mesmos, segundo observado no local. A Figura 66 apresenta a execução da carta de interligações preferenciais da empresa.

Figura 66 – Carta de interligações preferenciais da Otser

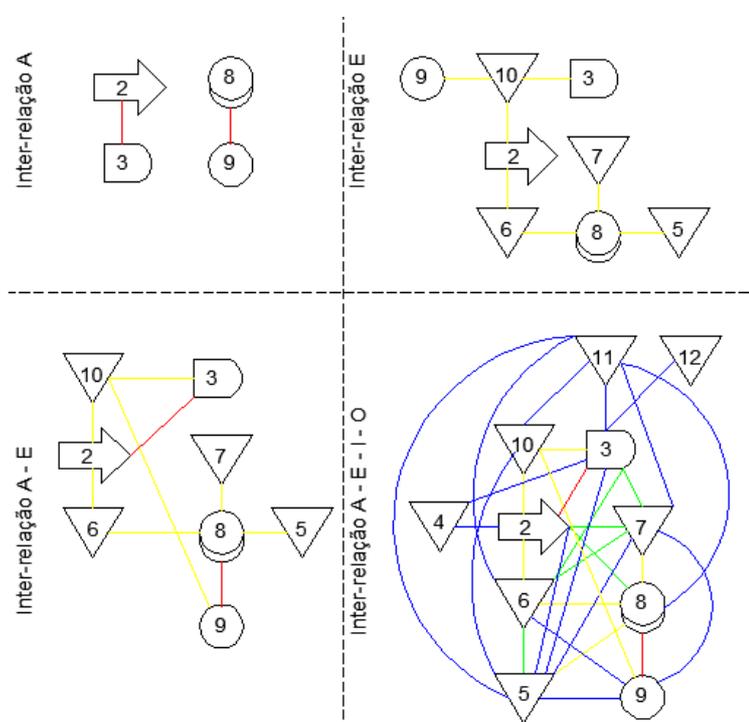


| Classificação da proximidade da Otser | | | | |
|---------------------------------------|-------|--------|-----------------------------|----------------------|
| Descrição da proximidade | Vogal | Escala | Representação gráfica (cor) | Número de atividades |
| Absolutamente necessário | A | 4 | Vermelho | 2 - 3,6% |
| Muito importante | E | 3 | Amarelo | 7 - 12,7% |
| Importante | I | 2 | Verde | 6 - 10,9% |
| Pouco importante | O | 1 | Azul | 16 - 29,1% |
| Sem importância | U | 0 | - | 24 - 43,6% |
| Indesejável | X | -1 | Marrom | 0 |
| Total | | | | 55 - 100% |

Após o preenchimento da carta de interligações preferenciais foram quantificadas as atividades conforme as respectivas importâncias e transferidas para a última coluna do quadro classificação das proximidades, conforme apresentado na Figura 66. As letras preenchidas na matriz triangular foram circuladas com as mesmas cores utilizadas por Muther (1978) tornando a visualização e quantificação mais rápida. Foram computadas somente as atividades que estão inseridas na delimitação vermelha.

Após a finalização da carta de interligações preferenciais, fez-se o diagrama de inter-relações segundo o fluxo e setores, conforme apresentado na Figura 67.

Figura 67 – Diagrama de inter-relação da Otser



Para a construção do diagrama de inter-relação fez-se primeiro a inter-relação de A e E separadamente, depois foram agrupados e por último acrescentaram-se I e O, conforme apresentado na Figura 67.

No diagrama de inter-relação da Otser nota-se que as relações entre os setores absolutamente importantes e muito importantes são satisfatórias quanto à localização, porque os setores estão próximos e não apresentam cruzamento das linhas. Todavia, os setores e fluxos considerados importantes e pouco importantes demonstram que podem ser rearranjados, já que há alguns cruzamentos de linhas no diagrama. Feito está identificação,

optou-se por realizar o diagrama de inter-relação entre os espaços para agregar outras informações para então redistribuir os setores e fluxos novamente.

Para a determinação dos espaços, subitem 3.5.6, considerou-se o mobiliário existente, os espaços disponíveis e possíveis de serem reutilizados sem que haja qualquer interferência na estrutura do prédio. Diante disto, fez-se o levantamento do mobiliário e equipamentos existentes para o setor produtivo conforme Quadro 21.

Quadro 21 Levantamento do mobiliário e equipamentos

| Setor | Descrição | Quantidade (unidade) | Dimensão (m) | Necessário | |
|---------------------|---------------------|-------------------------|-----------------|-------------|-----|
| Desmontagem de REEE | Bancada de trabalho | 5 | 1,00 x 1,50 | Sim | |
| | Bancada de trabalho | 1 | 1,00 x 1,70 | Reserva | |
| | Serra Esmeril | 1 | 1,10 x 1,10 | Sim | |
| | Caixas | | 19 | 0,38 x 0,55 | Sim |
| | | | 3 | 1,00 x 0,70 | |
| | | 3 | 1,00 x 0,57 | | |
| Pesagem | Bancada de trabalho | 1 | 1,20 x 0,60 | Sim | |
| | Balança | 1 | 0,60 x 0,80 | Sim | |

A bancada de trabalho existente na área de pesagem serve registrar as entradas e saídas de resíduos. Quando as caixas destinadas aos materiais segregados dos REEE estas podem ser reduzidas se o novo leiaute assim permitir melhor aproveitamento delas junto às bancadas de trabalho.

Quanto as circulações, Tompkins et al. (2013) diz que a largura dos corredores dependem do tipo de fluxo, no caso da Otser o fluxo considerado é para passagem pessoal, logo a largura recomendada é de 0,91m porque não há portas abrindo de nenhum dos lados do corredor. Sendo assim, a largura existente no leiaute da empresa está acima do recomendado por Tompikson et al. (2013). As larguras existentes são de 1,10m e 1,95m, portanto satisfatórias.

No Quadro 22 foram preenchidas as informações relativas às características das instalações físicas e das áreas existentes. A quantificação das áreas foi realizada a partir da planta baixa existente elaborada no *AutoCAD*.

Quadro 22 – Levantamento das áreas no leiaute existente

| Descrição dos setores | Área existente (m ²) | Função primária | | | | | | Pessoas | Área ocupada atual (m x m) | Observações | Necessidade de melhorias | Limitações |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------|----|-----|----|----|----|----------|----------------------------|------------------------|--------------------------|-------------|
| | | Eq | Bt | Arm | Mv | Sp | St | | | | | |
| Administração | 39,78 | | X | | | | X | 2 | L x 6,70 ⁶ | Organização/documentos | Disposição | Localização |
| Reunião | 11,01 | | X | | | | X | Variável | 3,40 x 3,65 | Uso privativo | Não | - |
| Recepção | 7,54 | | | | | | | Variável | 2,33 x 3,24 | Atendimento | Não | Localização |
| Sanitário | 2,39 | | | | | | X | 2 | 1,70 x 1,41 | Uso privativo | Não | Estrutura |
| Recebimento/Expedição | 31,73 | | | | X | X | | 2 | 4,90 x 7,05 | Veículo interno | Não | Estrutura |
| Pesagem | 3,31 | X | X | | | | | 1 | 1,50 x 2,20 | Bancada e balança | Não | Próx. saída |
| Recepção de resíduos classe I | 7,02 | | | X | | | | 1 | 1,80 x 3,90 | Bombonas | Sim | |
| Armazenamento de REEE | 58,98 | | | X | | | | 5 | 8,87 x 6,65 | Flexibilidade | Sim | - |
| | 69,76 | | | X | | | | 5 | 8,87 x 9,65 | Flexibilidade | Sim | - |
| | 1,84 | | | X | | | | 5 | 4,64 x 0,40 | Estante | Sim | - |
| Armazenamento de Tvs e monitores | 15,83 | | | X | | | | 5 | 1,64 x 9,65 | Flexibilidade | Sim | - |
| Armazenamento de impressoras | 14,25 | | | X | | | | 5 | 3,60 x 3,96 | Flexibilidade | Sim | |
| Desmontagem de REEE (produção) | 65,64 | X | X | | | | | 5 | 16,58 x 3,96 | Ergonomia | Sim | - |
| Separação de materiais | | | | X | | | | | | Ergonomia | Sim | - |
| Armazenamento Classe II B | 36,36 | | | X | | | | 5 | 8,87 x 4,10 | Flexibilidade | Sim | - |
| | 37,84 | | | X | | | | 5 | L x 3,65 ⁷ | Flexibilidade | Sim | - |
| Armazenamento Classe I | 35,62 | | | X | | | | | 9,76 x 3,65 | Flexibilidade | Sim | - |
| Depósito geral | 32,88 | | | X | | | | Variável | L x 9,71 ⁸ | Subutilizado | Sim | - |
| Sanitário Masculino | 2,44 | | | | | | X | 5 | 1,70 x 1,44 | Adaptado | Não | Estrutura |
| | 2,51 | | | | | | X | 5 | 1,70 x 1,48 | Adaptado | Não | Estrutura |

⁶ L, área não regular, ver planta na Figura 63.

⁷ L, área não regular, ver planta na Figura 63

⁸ L, área não regular, ver planta na Figura 63

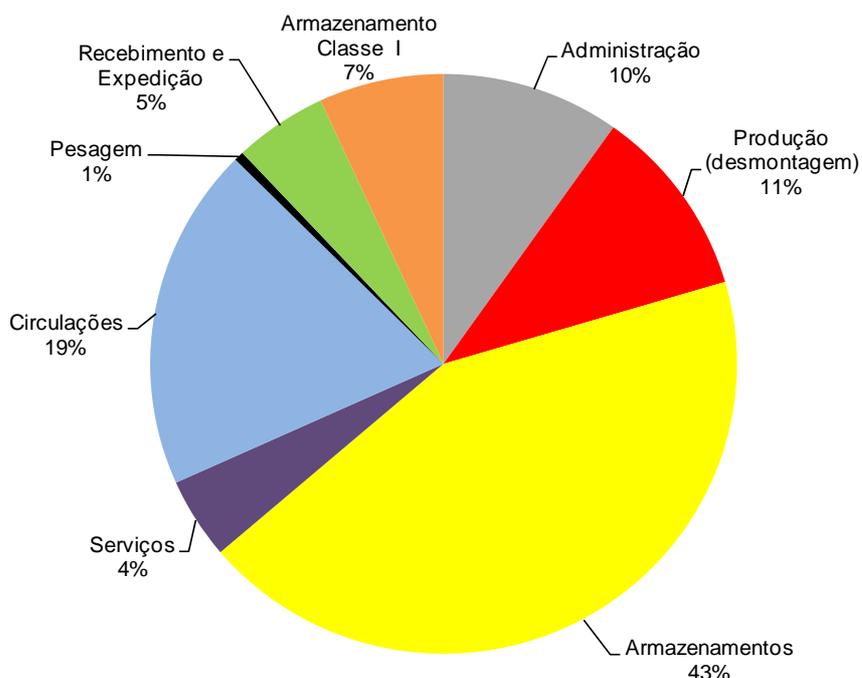
| Descrição dos setores | Área existente (m ²) | Função primária | | | | | | Pessoas | Área ocupada atual (m x m) | Observações | Necessidade de melhorias | Limitações |
|-----------------------|----------------------------------|-----------------|----|-----|----|----|----|---------|----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | | Eq | Bt | Arm | Mv | Sp | St | | | | | |
| Vestiário Masculino | 8,95 | | | | | | X | 5 | 3,58 x 2,50 | Armários | Não | - |
| Copa - cozinha | 14,14 | | | | | | X | 5 | 3,26 x 4,34 | Refeições | Disposição | Estrutura |
| Circulações | 118,40 | X | | | X | | | 7 | Ver Figura 63 | Carrinho/funcionário | - | - |
| Total (interno) | 618,26 | | | | | | | | - | - | - | |
| Total (externo) | 648,03 | | | | | | | | 42,69 x 15,18 | - | - | Construído nas divisas laterais |

Legenda: Eq = equipamentos; Bt = bancada de trabalho; Arm = armazenamento; Mv = movimento de material; Sp = serviço para a produção ; St= Serviço para o funcionário.

O levantamento de áreas possibilitou verificar o panorama geral das áreas e foi detectado que algumas estão mal dimensionadas ou mal distribuídas. Exemplo são, o depósito geral, o armazenamento de resíduos classe II B, a desmontagem de REEE e a área destinada a recepção dos resíduos classe I⁹. O depósito geral era um espaço subutilizado porque armazenava diferentes tipos de resíduos sem valor comercial. E, neste mesmo espaço havia uma bancada para eventuais manutenções de ferramentas ou de equipamentos de utilização da empresa.

Os espaços destinados ao armazenamento de resíduo classe II B junto à porta de acesso ao escritório administrativo, não apresentava delimitação para a circulação e para o armazenamento deixando o espaço com aspecto de desorganizado. Foi verificado que havia uma área destinada aos televisores e monitores, porém estes também estavam armazenados em outros locais juntos ao armazenamento de REEE, visto que parte destes são descaracterizados e outros somente armazenados. E ao que se refere ao armazenamento de resíduos não conforme é necessário uma área pequena com recipientes para armazenar temporariamente os resíduos classe I. O Quadro 22 possibilitou a elaboração do diagrama que demonstra a ocupação de cada setor dentro do leiaute existente da Otser (Figura 68).

Figura 68 – Diagrama de ocupação dos espaços existentes da Otser



⁹ Área destinada aos resíduos classe I, ao chegarem na empresa são depositados nesta área e posteriormente é encaminhados ao respectivo armazenamento.

Os setores apresentados na Figura 68 foram agrupados por semelhanças, ou seja, todas as circulações, a recepção e armazenamento de resíduo classe I e os demais armazenamentos foram quantificados juntos para efeito do cálculo do diagrama. O setor “Administração” compreendeu: reunião, recepção, sanitária e escritório administrativo, enquanto que o denominado “Serviços” reuniu os sanitários, vestiários e copa-cozinha. Já para a “Produção” foram consideradas as áreas de desmontagem e segregação.

De acordo com Neumann e Scalice (2015) este diagrama permite avaliar a utilização dos espaços no prédio. Os autores dizem que para as atividades de manufatura o desejável é que a ocupação de 60% do espaço ou superior, com as operações. Por outro lado, ocupações abaixo de 30% correspondem a problemas críticos. Os autores mencionam que estes valores são somente referências e que podem variar de acordo com a atividade industrial, para isto é indicado compará-los entre atividades iguais ou semelhantes. De acordo com o exemplo utilizado por eles, uma empresa de manutenção de equipamentos 39,4% do espaço foi destinado à realização de operações (manutenção e testes), caracterizando desbalanceamento do uso de espaço. Para a Otser considera-se que as áreas importantes para a atividade são os armazenamentos, produção, pesagem e recebimento e expedição que representam 67%.

As informações contidas no Quadro 22 e na Figura 67 subsidiaram a elaboração do diagrama de inter-relação entre espaços, por meio, do método de planejamento primitivo do espaço ou blocos de espaço como é possível observar-se na Figura 69.

Para a construção do diagrama de inter-relação de espaços, fez-se o rearranjo com o intuito de diminuir o cruzamento de linhas referentes às classificações conforme realizadas no diagrama de inter-relação dos setores. A Figura 69 permite a visualização da correlação entre as dimensões das áreas existentes e os setores, permitindo o esboço do leiaute da empresa. A Figura 70 apresenta a reorganização do diagrama de inter-relações.

Figura 69 – Elaboração do diagrama de inter-relação entre espaços

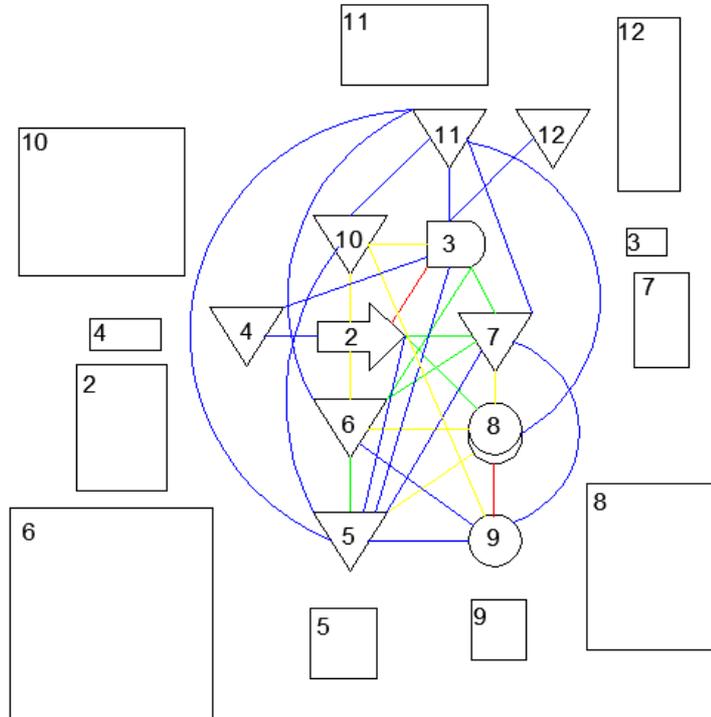
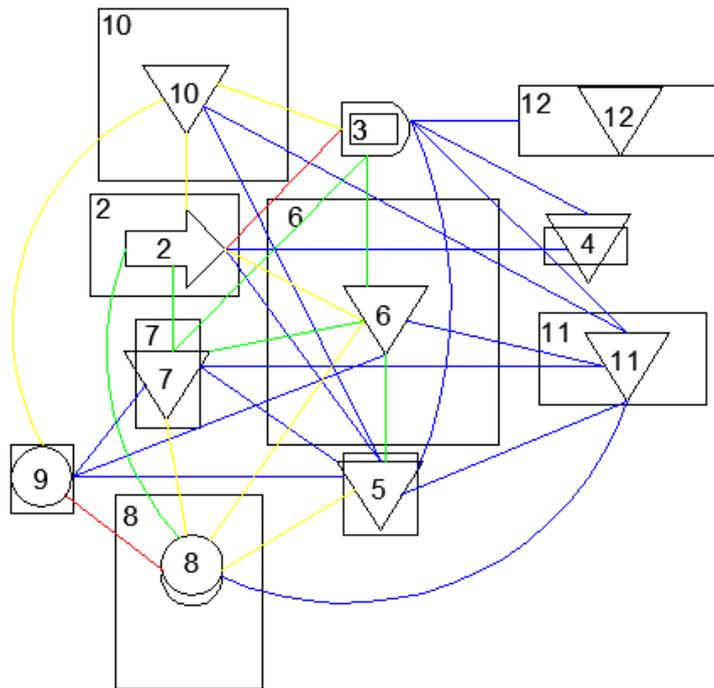


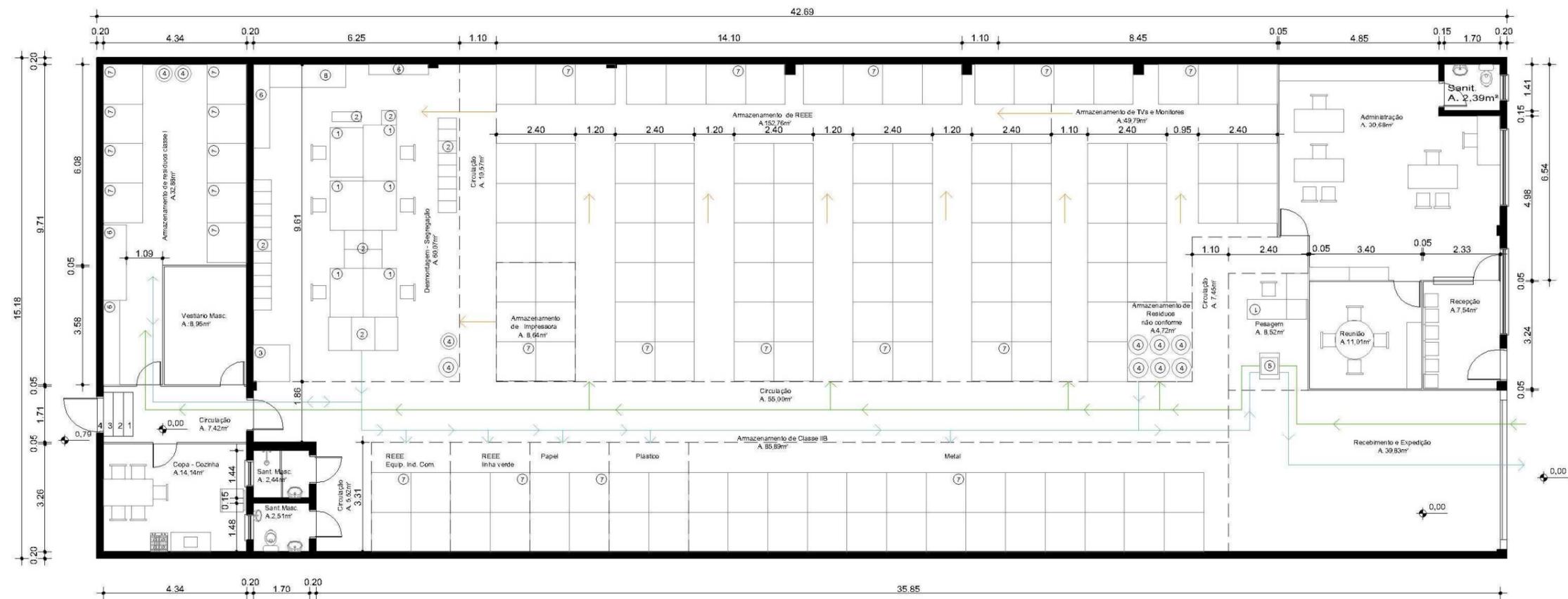
Figura 70 – Reorganização do diagrama de inter-relações entre espaços



Diante dos diagramas elaborados e informações coletadas foi possível desenvolver uma proposta para o leiaute da Otser levando em considerações algumas decisões, tais como: não propor mudanças estruturais nas alvenarias existentes da edificação, manter o mobiliário e os equipamentos existentes, reaproveitar áreas subutilizadas para evitar acúmulos desnecessários, adaptar e/ou manter a largura das circulações. Sendo assim, finaliza-se o subitem 3.5.6 e a **etapa 1**.

A **etapa 2**, item 3.5.7, foi a análise de todas as informações reunidas a partir das observações durante a visita técnica, da elaboração de todos os diagramas que aplicadas resultaram na elaboração da proposta do leiaute e do fluxo produtivo da empresa. A Figura 71 apresenta a proposta do novo leiaute da Otser com o mapofluxograma.

Figura 71 – Proposta do novo leiaute da Otser



PLANTA BAIXA - LEIAUTE PROPOSTO
Escala:1/125

| LEGENDA | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|
| MOBILIÁRIO E EQUIPAMENTOS | | |
| ① Bancada de trabalho | ③ Serra esmeril | ⑤ Balança |
| ② Caixas de material separado | ④ Bombonas | ⑥ Estante |
| | | ⑦ Paletes |
| | | ⑧ Bancada de manutenção |
| MAPOFLUXOGRAMA | | |
| → | → | → |
| → | → | → |

A proposta do leiaute da Otser apresenta um fluxo em U, o que permite fluidez do transporte e manuseio dos resíduos, principalmente dos REEE. Porém o fluxo para o armazenamento dos resíduos classe I é em linha, visto que estes eram apenas armazenados e a expedição ocorreria esporadicamente.

Após finalizar a proposta do leiaute da Otser fez-se a verificação dentre as áreas existentes e as proposta, conforme exposto na Tabela 16. Foram incluídas as informações da média mensal dos resíduos de entrada e saída e a quantidade de paletes necessários para atender a demanda. Ressalta-se que a saída dos resíduos classe II B é semanal.

Tabela 16 – Comparativo de áreas entre os leiautes

| Descrição dos setores | Leiaute existente (m ²) | Leiaute proposto (m ²) | Média mensal de resíduos (kg) | Nº de paletes bags (400kg) |
|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Administração | 39,78 | 39,78 | - | - |
| Reunião | 11,01 | 11,01 | - | - |
| Recepção | 7,54 | 7,54 | - | - |
| Sanitário | 2,39 | 2,39 | - | - |
| Recebimento/Expedição | 31,73 | 40,32 | - | - |
| Pesagem | 3,31 | 8,52 | - | - |
| Recepção Res. Classe I | 7,02 | 4,72 | - | - |
| Armazenamento de REEE | 130,58 | 152,80 | 11.621,13 | 50 |
| Armazenamento de Tvs e monitores | 15,83 | 49,79 | 7.689,57 | 20 |
| Armazenamento de impressoras | 14,25 | 8,64 | 1.358,10 | 4 |
| Desmontagem de REEE (produção) | 65,64 | 60,07 | - | - |
| Separação de materiais | | | | |
| Armazenamento Classe II B | 74,20 | 85,89 | 89.823,08 | 25 |
| Armazenamento Classe I | 35,62 | 32,88 | 4.359,4 ¹⁰ | 11 |
| Depósito geral | 32,88 | Reaproveitado | - | - |
| Sanitário Masculino | 2,44 | 2,44 | - | - |
| | 2,51 | 2,51 | - | - |
| Vestiário Masculino | 8,95 | 8,95 | - | - |
| Copa - cozinha | 14,14 | 14,14 | - | - |
| Circulações | 118,40 | 75,31 | - | - |
| Total (interno útil) | 618,26 | 618,27 | | - |
| Total (externo) | 648,03 | 648,03 | | - |

¹⁰ Esta é a quantidade total armazenada, visto que não havia saída de resíduo classe I quando as informações foram coletas.

De acordo com a Tabela 16, verificou-se que as áreas no leiaute proposto que aumentaram foram os armazenamentos, enquanto que as reduções ocorreram nas circulações, produção e desmontagem. O acréscimo nas áreas dos armazenamentos deu-se devido a reorganização dos espaços e também para atender a necessidade da empresa. O armazenamento de REEE representava 21% da área existente e passou a 25%, mesmo havendo circulações internas, a nova disposição permitiu a utilização 67 paletes, enquanto que pelo cálculo 50 eram suficientes. Logo, está margem de utilização seria para suprir um aumento na demanda de coleta de REEE. A redução na área de produção foi de aproximadamente 5m², comparando-se as plantas baixas, mas nota-se uma melhor disposição do mobiliário e conseqüentemente na funcionalidade do espaço.

Já o armazenamento de televisores e monitores, que representava 3% passou a 5%, porém o número de paletes ficou um pouco menor do previsto na Tabela 16, mas por estar localizado junto a área do REEE tem-se flexibilidade de ajustes para o armazenamento. Além disto, a proposta de deixá-los próximo a pesagem e expedição foi porque os resíduos da linha marrom apenas ficariam armazenados até a expedição, assim a movimentação destes resíduos seria mais rápida. O armazenamento das impressoras ficou 1% menor em área física mas a localização foi aproximada da desmontagem, e também por estar dentro do armazenamento de REEE permite-se ajustes, mantendo a setorização por tipo de resíduo.

Quanto ao ambiente denominado depósito geral, sugeriu-se que este fosse transformado em armazenamento de resíduos classe I, devido ao afastamento dos demais, mas também com o intuito de que a empresa não armazenasse resíduos sem propósito, com conseqüente, áreas subutilizadas. Além disto, seria adequado se houvesse um procedimento para a expedições planejada deste resíduo para que não houvesse acúmulo.

O armazenamento de resíduos classe II B –inerte, representava 12% no leiaute existe e passou a 14%. Para estes, também foi sugerido mantê-los organizados dentro de uma área, separados conforme os resíduos classificados e com valor econômico para a empresa. Foi localizado a frente dos armazenamentos de REEE, com acesso próximo a pesagem e recebimento e expedição, facilitando o recebimento dos resíduos classe II B que apenas ficariam armazenados, e conseqüentemente melhorando a agilidade para a expedição.

Sugeriu-se a separação da área de pesagem, que no leiaute existente se localizava dentro da área de recebimento e expedição. Sendo assim, a área de pesagem fica mais reservada e próxima ao setor administrativo, sem perder a proximidade e funcionalidade ao receber e expedir resíduos. Isto permitiu o aumento em ambas as áreas e um conforto aos funcionários na execução destas atividades.

Quanto ao setor de desmontagem, notou-se que no leiaute existente a área era maior e representava 11% da área total. Enquanto que na proposta este setor representa 10% e tem 5m² a menos, mas a área possibilita o agrupamento das estações de trabalho, fazendo com que haja circulação em volta, onde podem ser distribuídas as caixas de armazenamento de material segregado. Além disto, transferiu-se a bancada de manutenção que estava no depósito geral, concentrando a área de uso de ferramentas no mesmo local.

Para as circulações, propôs-se que houvesse apenas a circulação central, uma que permite o acesso ao setor de desmontagem e armazenamento de REEE e outra que possibilita acesso ao setor administrativo. Diante disto, notou-se que houve uma redução destas áreas, que foram acrescidas nos demais setores de armazenamentos, mas isto não prejudica os deslocamentos dos resíduos entre os setores, porque este era feito manualmente.

Para os demais ambientes e setores não foram propostas modificações, visto que não era objetivo deste trabalho sugerir alterações na estrutura do prédio. Com isto, a **etapa 2**, subitem 3.5.7 foram finalizados.

5 CONCLUSÃO

Em relação ao objetivo 1 – Mapear a cadeia de pós-consumo relacionada à empresa infere-se que o objetivo foi atendido porque foi possível verificar que os municípios da BHRS representam em 75% dos que descartaram na empresa. E, que 87,5% dos municípios que compõe a BHRS fizeram descarte junto à empresa. Destacaram-se as cidades de Novo Hamburgo e São Leopoldo, com 52% e 14% dos geradores, respectivamente. Estes municípios foram responsáveis por 59,6% de todo, 48,5 % e 11,1%, respectivamente e consequentemente maiores massas de REEE descartado na Otser, no período estudado.

Foi possível identificar, conforme a CNAE, aproximadamente 91% dos dados de entrada disponibilizados pela empresa referiam-se à resíduos gerados na BHRS. Destes, 99,4% corresponderam as pessoas jurídicas.

Os códigos referentes à indústria de transformação (C) e comércio (G) foram representativos entre aos geradores, já que mais de 25% dos resíduos descartados para a empresa vieram destes setores. Os demais códigos apresentaram representatividades menores que 10%.

A maior representatividade de participações de descarte junto a Otser ocorreu em 2011 com 23% e a maior redução nas participações foi em 2012 com 19,7% em relação ao ano anterior. Os anos de 2011, 2012, 2013 e 2014 apresentaram redução nas participações de descartes e houve um acréscimo de 8,1% em 2015 em relação a 2014.

83% dos destinadores finais estão localizados próximos a empresa, exceto um que se encontra em São Paulo e 83% foram classificados como comércio (G) e 17% como atividades de gestão de resíduos (E).

Em relação ao objetivo 2 – Efetuar o balanço de massa da empresa, o objetivo foi atendido porque foi possível quantificar as entradas e saídas dos resíduos da empresa. Do total de resíduos recolhidos, ou seja, dos 203 mil quilos pode-se dizer que 88,5% foram REEE, 9,4% resíduo classe II B – não perigoso/inerte e 2,1% de resíduo classe I - perigoso. Após a segregação dos resíduos verificou-se que a empresa expediu 71% de resíduo classe II B – não perigoso/inerte, 26% de REEE saíram inteiros e 3% referiram-se a resíduo classe I - perigoso. Os resíduos classe I permaneceram armazenados até o encerramento das atividades da empresa.

Ao que se refere aos REEE, verificou-se que as linhas, marrom, verde e equipamentos industriais e comerciais representaram 37%, 32% e 18%, respectivamente, em relação aos

203 mil quilos de resíduos coletados pela empresa. Enquanto que estas linhas contribuíram com 3%, 22% e 2%, respectivamente, em relação aos 127 mil quilos que foram expedidos.

Em relação aos resíduos classe II B – inerte, notou-se que os metais representaram 8% e os plásticos 2% em relação ao total de resíduos recolhidos pela empresa, ou seja, aos 203 mil quilos. No entanto, quanto aos resíduos expedidos os metais contribuíram com 59%, os plásticos com 9% e o papel/papelão apresentaram participações menores que 1% em relação aos 127 mil quilos. Após a segregação dos REEE houve acréscimo de 470% nos resíduos classe II B – inertes.

Em relação ao objetivo 3 – propor melhorias no leiaute e no fluxo produtivo da empresa em estudo, pode-se observar que o leiaute inicial apresentava fluxo com problemas de percurso no deslocamento, causando contra-fluxo. A falta de definição da setorização das áreas de armazenamentos quanto a classificação dos resíduos contribuiu para que a empresa apresentasse um aspecto de desorganização. O método SLP de Muther (1978) auxiliou para a reorganização do leiaute da Otser, tanto para o aumento de áreas para os setores, quanto para o fluxo de produção que apresenta uma sequência para o desenvolvimento das atividades dos funcionários.

O aumento das áreas de armazenamentos foram de, 17% para os REEE concentrando todas as classificações, 16% para os resíduos classe II B – inertes, 215% para os televisores e monitores. Enquanto que o relativo às impressoras e semelhantes reduziu em 39%, porém ficou próximo à área de desmontagem. Assim como a área de desmontagem que foi reduzida em 8% em relação ao leiaute existente, porém a disposição das estações de trabalho permite a mobilidade dos funcionários. Além disso, foi possível acrescentar a bancada de manutenções nesta área, concentrando em uma área a utilização de ferramentas. A área de recepção de resíduo classe I na planta existente tinha área de 7,02m² e passou a ter 4,72m², ou seja, houve uma redução de 33%. As áreas de pesagem e recebimento-expedição obtiveram acréscimo de 157% e 27%, possibilitando melhores condições para o manuseio do resíduo recebido-expedido. Quanto às circulações foram reduzidas em 27%, convertendo-se em áreas úteis para setores necessários.

5.1 Considerações Finais

Diante do trabalho exposto, verificou-se a necessidade de disseminar e conscientizar a população sobre a importância da destinação adequada dos REEE. Visto que estes, se

descartados em locais inadequados, acarretam danos ambientais, mas também impossibilitam a reinserção da matéria-prima na cadeia produtiva, e conseqüentemente dificultam a viabilidade econômica das empresas que fazem o gerenciamento dos REEE.

Espera-se que este trabalho contribua para próximos que venham a investigar o fluxo e a cadeia de pós-consumo de REEE na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos ou mesmo em outras regiões. Além disto, que este possa auxiliar para melhorias nos leiautes de empresas a partir da metodologia utilizada, já que foi possível demonstrar a reorganização das áreas internas e um fluxo produtivo contínuo resultando em uma empresa organizada.

A seqüência deste estudo seria avaliar a efetividade do leiaute proposto e aplicado na empresa, mas devido ao encerramento das atividades isto não será possível. Sendo assim, sugere-se que a metodologia seja aplicada em outras empresas para que se possa realizar a aplicação do novo leiaute e monitoramento para avaliar os resultados.

Para os próximos trabalhos sugere-se a avaliação de outros temas que não foram abordados neste, tais como a ergonomia, segurança, aspectos e impactos ambientais na atividade, viabilidade econômica, entre outros.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA (ABDI). **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica.** Brasília. 2012. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1362058667.pdf>. Acesso em: 03out.2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINNE). **Desempenho Setorial.** Disponível em:< <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>>. Acessado em: 20 out.2015.

AGENCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). **Telefonia Móvel - Acessos.** Disponível em:<http://www.anatel.gov.br/dados/index.php?option=com_content&view=article&id=283> Acesso em 10 out. 2015.

_____. **Relatório de Dados.** Disponível em: [http://ftp.anatel.gov.br/dados/Acessos/Movel Pessoal/](http://ftp.anatel.gov.br/dados/Acessos/Movel_Pessoal/). Acesso em 20 ago.2015.

ALBUQUERQUE, Vitor Baluz Saboya. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: a cadeia de reciclagem na cidade do Rio de Janeiro.** 2013. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio (PUC-Rio), Rio de Janeiro, 2013.

ARAÚJO, Marcelo Guimarães. **Modelo de Avaliação do ciclo de vida para a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil.** 2013. 217f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Programa de Planejamento Energético, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós- Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 16156:** resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para a atividade de remanufatura reversa. Rio de Janeiro, 2013.

_____. ABNT NBR 10004:2004: resíduo sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

AIZAWA, Hirofumi; YOSHIDA, Hideto; SAKAI, Shin-ichi. Current results and future perspectives for Japaneserecycling of home electrical appliances. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 52, n.12 p.1399 - 410, October, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344908001171>>. Acesso em 05 nov.2015.

BERGMAN, Natanael; SCHEUNEMANN, Rafael; POLACINSKI, Édio. Ferramentas da qualidade: definição de fluxogramas para confecção de jalecos industriais. In: SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR – SIEF, 2, 2012, Horizontina. **Anais eletrônico** ... Horizontina: Faculdade de Horizontina, 2012.Disponível em: < http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2012_2.%20FERRAMENTAS%20DA%20QUALIDADE%20-%20DEFINI%C3%87%C3%83O%20DE%20FLUXOGRAMAS%20PARA%20A%20CONFEC%C3%87%C3%83O%20DE%20JALECOS%20INDUSTRIAIS.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2015.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 02 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm> Acesso em: 05 de mai. 2015.

_____. **Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>. Acesso em 10 de mai. 2015.

_____. Lei Complementar nº 140, de 8 de Dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do capute do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp140.htm>. Acesso em: 08 jun. 2015.

_____. **Decreto nº 7.404, de 23 de Dezembro de 2010.** Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm> Acesso em: 20 de abr. 2015.

ROBINSON, Brett H., . Na assessment of global production and environmental impacts. **Sciences of the Total Environment**, v.408, n.2 p 183-191, December 20 2009. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969709009073XXX>. Acesso em: 15 de out. 2015.

BRITO, Gabriella Lopes de; MONTESCO, Richard Andres Estombelo; VASCONCELOS, Cleiton Rodrigues; SANTOS, Rosa Danyelle Lima dos. Proposta de melhoria de layout visando a melhora do processo produtivo em uma empresa de estofados. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 36, 2016, João Pessoa. **Anais eletrônicos...** João Pessoa: Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_320_29751.pdf>. Acesso em 07 Dez. 2016.

BOAVENTURA, Edivaldo M. **Metodologia da pesquisa: monografia, dissertação e tese.** 1.ed. São Paulo. Editora: Atlas S.A., 2011.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL (CAIXA). **CAIXA vai ampliar capacitação para reciclagem de lixo eletrônico.** Disponível em: <http://www20.caixa.gov.br/Paginas/Noticias/Noticia/Default.aspx?newsID=1016> . Acesso em 20 set.2015.

CAMARA, Renata Paes de Barros; DINIZ, Antony Andrey R.; BELTRAMINI, Helena Paes de Barros. Arranjo Físico como ferramenta de eco-eficiência: Estudo de caso em um curtume. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES

INTERNACIONAIS- SIMPOI, 12, 2009, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: Escola de Administração de Empresas de São Paulo Getúlio Vargas – FGV-EAESP, 2009. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009_T00197_PCN45826.pdf>. Acesso em 02 ago. 2015.

CAMPO BOM – RS. In GOOGLE EARTH. Mountain View Google, 2016. Acesso em: 29 de out. 2016.

CAMPO BOM – RS. In GOOGLE MAPS. Mountain View Google, 2016. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps?hl=pt-BR>> Acesso em: 29 de out. 2016.

COBBING Madeleine. Toxic Tech: Not in Our Backyard. Uncovering the Hidden Flows of e-waste. Report from Greenpeace International. Amsterdam, 2008 Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/planet-2/report/2008/2/not-in-our-backyard-summary.pdf>> . Acesso em: 26 mai. 2015.

CONDE, Antônio; XAVIER, Lúcia Helena; FRADE, Neuci Bicov. Aspectos Operacionais da Gestão de REEE. In: CARVALHO, Tereza Cristina Melo de Brito; XAVIER, Lúcia Helena (Org). **Gestão de resíduos eletroeletrônicos**, uma abordagem prática para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. cap. 10, p. 165-174.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (CONSEMA). **Resolução RE. N° 288, de 02 de Outubro de 2014**. Atualiza e define as tipologias, que causam ou que possam causar impacto de âmbito local, para o exercício da competência Municipal para o licenciamento ambiental, no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.famurs.com.br/arq_upload/20141209134431_Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Consema%20288-2014.pdf> . Acesso em 08 jun. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução RE n° 237, de 22 de Dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 06 jun. 2015.

_____. **Resolução RE n° 275, de 25 de Abril de 2001**. Estabele o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273>> . Acesso em: 04 out. 2016.

CORRÊA, Henrique L. CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços: Uma abordagem estratégica**. ed. 2. São Paulo, Editora Atlas, 2009.

DIAS, Sylmara L.F Gonçalves; PRAGANA, Rosa Virginia; SANTOS, Maria Cecilia Loschiavo. Catadores: uma reflexão sobre os aspectos socioambientais da gestão de Resíduos dos Equipamentos Eletroeletrônicos. In: CARVALHO, Tereza Cristina Melo de Brito; XAVIER, Lúcia Helena (Org). **Gestão de resíduos eletroeletrônicos**, uma abordagem prática para a sustentabilidade. Rio de Janeiro Elsevier, 2014. Cap.6, p. 87-111

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). **Licenciamento Ambiental**. Porto Alegre. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/servicos/resultados/como_solicitar_licenciam_intern.asp/. Acesso em: 07/11/2015.

FRANCO, Rosana Gonçalves Ferreira. **Protocolo de referencia para a gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte**. 2008. 162f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FRANCO, Rosana Gonçalves; LANGE, Liséte Celina. Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. Minas Gerais 16v n1 p 73-82, 2011. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522011000100011> Acesso em 05 mai. 2015.

GERBASE, Annelise Engel; OLIVEIRA, Camila Reis. Reciclagem do lixo de informática: Uma oportunidade para a química. **Química Nova**. Porto Alegre, v. 35, n. 7, 1486-1492, 30 abr. 2012. Disponível em:< http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000700035> . Acesso em: 17 jul. 2015.

GUARNIERI, Patricia; SEGER, Sonia. Elementos Econômicos da Gestão dos Resíduos Eletroeletrônicos. In: CARVALHO, Tereza Cristina Melo de Brito; XAVIER, Lúcia Helena (Org). **Gestão de resíduos eletroeletrônicos**, uma abordagem prática para a sustentabilidade. Rio de Janeiro Elsevier, 2014. cap. 5, p. 67-86.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo, Atlas S.A., 2010.

INTERNACIONAL DATA CORPORATION (IDC). Escritório Brasil .**Releases**. O mercado brasileiro de celulares voltou a crescer: IDC. São Paulo, SP, 2016 Disponível em: <http://br.idclatin.com/releases/news.aspx?id=2083>. Acesso em 10 jan. 2017.

_____. **Releases**. Estudo da IDC revela que o mercado brasileiro de PCs tem o pior trimestre de 2016. São Paulo, SP, 2016. Disponível em: <http://br.idclatin.com/releases/news.aspx?id=2120>. Acesso em 10 jan. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE: Estatísticas**, acesso a internet e posse de celulares (2013). Disponível em: http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm. Acesso em: 03 nov.2015.

KOGA, Guilherme. Akio; MACCARI, Emerson .Antonio; KNISS, Claudia. Terezinha.; RUIZ, Mauro Silva. Comportamento do usuário em relação ao descarte e à reciclagem de aparelhos celulares no estado de São Paulo. **Future Studies Research Journal**. São Paulo, V.6, n.2, p.3-29. ISSN 2175-5825, Dez 2014.Disponível em < <https://future.emnuvens.com.br/FSRJ/article/view/117/0>> Acesso em: 24 mai. 2016.

KUNRATH, Jorge Luiz. **Resíduos Eletroeletrônicos: Um Diagnóstico da Cadeia de Processamento**. 2015. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2015.

LIMA, Helena Andrade. **Gestão dos recursos e impactos socioambientais no ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos (EEE)**. 2012. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Ciências Biológicas, Recife, 2012.

MUTHER, Richard. **Planejamento do layout: Sistema SLP**. Tradução de Elizabeth de Moura Vieira, Jorge Aiub Hijjar; Miguel Simoni. 1.ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1978.

NEUMANN, Clóvis; SCALICE, Régis Kovacs. **Projeto de Fábrica e Layout**. 1. ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2015.

PACHECO, Gilson Janito. **Gerenciamento de Resíduos Eletro-Eletrônicos: Uma proposta para resíduos de equipamento de informática no município do Rio de Janeiro**. 2013. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, 2013.

PEMBERTON, A.W. **Arranjo físico industrial e movimentação de materiais**. Tradução de Maria Elisabete de Almeida Lima, Aloísio da Silva Lima. .1. ed .Rio de Janeiro, Livraria Interciência Ltda,1977.

PORTO, Elisângela Silva. **A influência da prevenção de incêndio no arranjo físico um pequena empresa de calçados**. 2008. 196f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

REIS, Nelson Pereira; GARCIA, Ricardo Lopes. Sistema de gerenciamento dos resíduos industriais e controle ambiental. In: JARDIM, Arnaldo; YOSHIDA, Consuelo, FILHO, José Valverdes Machado (Org). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Bauaeri – São Paulo. Manoele, 2012. cap. 19, p. 455-482.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR (IDEC). **Mais da metade dos equipamentos eletrônicos é substituída devido a obsolescência programada**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.idec.org.br/o-idec/sala-de-imprensa/release/mais-da-metade-dos-equipamentos-eletronicos-e-substituida-devido-a-obsolescencia-programada>>. Acesso em: 05/08/2015

_____.O DESTINO dos aparelhos usados. **Revista do IDEC**, São Paulo, ano 2014, n. 184, p 20-22, fev. 2014. Disponível em: <http://www.idec.org.br/uploads/revistas_materias/pdfs/184-pesquisa-eletronicos1.pdf>. Acesso em:19 de jun. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 11520, de 03 de Agosto de 2000**. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providência. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=2949>. Acesso em 08 jun. 2015.

RODRIGUES, Angela Cassia. **Impacto socioambiental dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: Estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. 2007. 321 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) Santa Bárbara D'Oeste, 2007.

ROCHA; Henrique Martins. Apostila da Disciplina: Arranjo físico industrial. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: < <http://livrozilla.com/doc/573322/arranjo-f%C3%ADsico-industrial> >Acesso em: 10 nov.2015.

SAINT-EXUPÉRY, Antoine de. **O pequeno príncipe**. Tradução de Bento Frei. 1. ed. Rio de Janeiro: Geração, 2015.

SANTOS, Luciano Costa; GOHR, Cláudia Fabiana; LAITANO, Jean Carlos Argiles. Planejamento Sistemático de Layout: Adaptação e aplicação em operações de serviços. **Revista Gestão Industrial**. Paraná, V.08, n.01, 01-21, 19 mar. 2012 Disponível em: < <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/801/0>>. Acessado em: 06 dez.2016.

SILVA, Ivan José de Mecnas. O planejamento sistêmico do leiaute administrativo. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 17 n. 4, out/dez. 1983. Disponível em: < <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/10635>>. Acesso em 23 ago. 2015.

SILVA, Monica Gomes da; MOREIRA, Bruna Brandão. Aplicação da metodologia SLP na reformulação do Layout de uma micro-empresa do setor moveleiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 29, 2009, Salvador, 2009. **Anais eletrônicos...** Salvador: Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO, 2009. Disponível em < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_tn_stp_091_618_13943.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2015.

TELECO INFORMAÇÃO E SERVIÇO DE TELECOMUNICAÇÕES (TELECO). **Seção Telefonia Celular – Estatísticas de celulares no Brasil**. São José dos Campos, SP, 2015. Disponível em: < http://www.teleco.com.br/ncel_hist.asp >. Acesso em: 10 Ago. 2015.

TAGUCHI, Renato Leandro. **Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares com o uso do Balanced Scorecard**. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) – Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações, Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto, 2010.

TRIGO, Aline Guimarães Monteiro; ANTUNES, Thainá Rodrigues; BALTER, Rodrigo Samico. Uma visão sustentável dos resíduos eletroeletrônicos de um aparelho celular. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL – CONGEA, 4., 2013. Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais de Saneamento - IBEAS, 2013. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/VII-032.pdf>. Acessado em: 20 set.2015

TOMPKINS, James A. WHITE, John A.; BOZER, Yavuz A; TANCHOCO, J. M. A.. **Planejamento de Instalações**. 4 . ed. Tradução de Luiz Claudio Queiroz de Faria. Rio de Janeiro, LTC, 2013.

UNITED NATIONS UNIVERSITY - INSTITUTE FOR THE ADVANCED STUDY OF SUSTAINABILITY (UNU-IAS SCYCLE). **eWaste in Latin America – Statistical analysis and policy recommendations**. Tokio, 2015. Disponível em: < <http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma-unu-ewaste2015-eng.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2016.

_____.SOLVING THE E-WASTE PROBLEM (STeP) . **Step e-waste world map**. Germany, 2015. Disponível em <<http://www.step-initiative.org/step-e-waste-world-map.html>>. Acesso em : 05 abr. 2016.

VIEIRA, Augusto Cesar Gadelha. **Layout**. 58p il.. Rio de Janeiro, CNI-SESI/DN,1979.

XAVIER, Lucia Helena; LUCENA, Lêda Christiane; COSTA, Magdalena Duarte; XAVIER, Vitor de Almeida; CARDOSO, Raquel S. Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: Mapeamento da logística reversa de computadores e componentes no Brasil. In: III SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE INGENIERIA DE RESÍDUOS E II SEMINÁRIO DA REGIÃO NORDESTE SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS,2010, João Pessoa. **Anais eletrônicos ...** João pessoa: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), Universidade Federal da Paraíba (UFPB) a Red de Ingeniería de Saneamento Ambiental (REDIS). Disponível em: <

https://www.researchgate.net/profile/Lucia_Helena_Xavier/publication/267252466_GESTAO_DE_RESIDUOS_ELETROELETRONICOS_MAPEAMENTO_DA_LOGISTICA_REVERSA_DE_COMPUTADORES_E_COMPONENTES_NO_BRASIL/links/54f0528b0cf25f74d725b38f/GESTAO-DE-RESIDUOS-ELETROELETRONICOS-MAPEAMENTO-DA-LOGISTICA-REVERSA-DE-COMPUTADORES-E-COMPONENTES-NO-BRASIL.pdf>

Acesso em: 20 set. 2015.

PORTO DIGITAL. **Guia de boas práticas para uma TIC mais sustentável. 2013.** Pernambuco, 2013. Disponível: <

http://portodigital.org/arqSite/Guia_de_Boas_Praticas_para_uma_TIC_mais_sustentavel.pdf>

acesso em: 21 de ago. 2015.

**APÊNDICE A – RESPOSTAS OBTIDAS COM A ENTREVISTA
SEMIESTRUTURADA**

| Quadro 13 - Entrevista semiestruturada – Coleta de Informações Gerais | | | |
|--|---------------------|---|------|
| Responsável Legal: Marcus Palma | | | |
| Itens | Questionário | Qtd | |
| Aspecto Administrativo - Gerencial | 1. | Quantos municípios são atendidos pela empresa? Identificá-los. | 100 |
| | 2. | Quantas pessoas jurídicas participam do descarte ambientalmente adequado? | 1151 |
| | 3. | Há registro de pessoas físicas que realizam o descarte ambientalmente adequado? Sim Quantas normalmente o fazem? | 20 |
| | 4. | As instituições de ensino participam do descarte ambientalmente adequado? Quantas? Sim | 48 |
| | 5. | Quais as ações /campanhas/formas de coletas exercidas? Identificar Coleta itinerante DMLU e FEEVALE, coletas agendadas, campanhas pontuais com prefeituras e recebimento local | |
| | 6. | Existe registro de periodicidade para coleta em cada município? Não | |
| | 7. | Existe registro de periodicidade para coleta nas empresas? Não | |
| | 8. | Existe registro de periodicidade para coleta nas instituições? Não | |
| | 9. | Qual a periodicidades com que eles resíduos saem da empresa? Descrever conforme cada tipo (Classe I e II). Recicláveis saem semanalmente, perigosos e rejeitos eventualmente. | |
| | 10. | É necessário atingir volume/peso dos materiais para expedi-los? Quanto? Descrever para cada tipo de resíduo: Classe I e II. Não | |
| | 11. | A empresa de gerenciamento é responsável pelo transporte? Sim | |
| | 12. | Qual o tipo de veículo é utilizado? Caminhão | |
| | 13. | Os veículos são próprios da empresa? Quantos veículos são utilizados? Sim | 1 |
| | 14. | Há meta pré-estabelecida por funcionário para a produção? Quanto? (Dia/Mês) Sim | |
| Aspecto Operacional | 15. | Existe procedimento para a coleta (aguarda o contato ou são ações pré-determinadas)? Qual? Contato telefônico e e-mail. Sim, contato telefônico e e-mail | |
| | 16. | Existe procedimento para transportar o REEE? Qual? Não | |
| | 17. | Quais são as etapas do fluxo produtivo do REEE na empresa? Comercial/Coleta/Recebimento/Desmontagem/Expedição | |
| | 18. | Existe procedimento para a entrada do REEE na empresa? Explique. O REEE chega na empresa e são pesados. Os itens maiores são pesados e lançados no sistemas ECOSIS e os itens menores vão para os <i>bags</i> para depois serem desmanufaturados. | |
| | 19. | Após a segregação, os materiais recicláveis são armazenados separadamente conforme o tipo? Sim | |
| | 20. | Quais são os materiais segregados que são recicláveis? Ferro, plástico, metais não ferrosos, materiais eletrônicos (placas, etc). | |
| | 21. | Quais são os materiais ou partes que são consideradas rejeito pela empresa? Sim | |
| | 22. | Existe espaço (ou recipiente) destinado aos resíduos classe I (perigosos)? Sim | |
| | 23. | Existe espaço (ou recipiente) destinado aos rejeitos? Sim | |
| | 24. | Existe procedimento para a expedição do material reciclável, perigosos e rejeito? Explique-os. Sim. Os materiais recicláveis são vendidos a parceiros que reciclam ou enviam para a indústria que recicla. Os perigosos e rejeitos são enviados para o aterro sanitário. | |
| | 25. | Existe procedimento para a ordem de desmontagem? Descrever como é realizado? (Lote/Data). Os lotes são identificados e são realizados em ordem de data de chegada. Salvo, exceções de lotes muito pequenos que são processados imediatamente. | |
| | 26. | Existe registro do tempo utilizado para a desmontagem de cada REEE? Sim | |
| | 27. | Os funcionários recebem treinamento para exercerem suas atividades? Sim | |
| | 28. | O leiaute da empresa está adequado, ou pode ser melhorado? Não, pode ser melhorado. | |
| | 29. | As áreas de armazenamento são adequadas para a produção atual? Não | |

APÊNDICE B – EXEMPLO DE DETALHAMENTO DOS GERADORES DE REEE

| Município: ARARICÁ | | | | | |
|---------------------------|----------------|--|---|----------------------------|---|
| Ano de Descarte | Gerador | Natureza Jurídica | Atividade Primária (CNAE 2.0 e 2.2) | Código de Atividade | Descrição da Atividade |
| 2012 | 1 | Sociedade Empresária Limitada Código 2062 | Fabricação de outros produtos de metal não especificados anteriormente | C | Indústria de Transformação Classe: 2599-3 Subclasse: 2599-3/99 |
| 2011; 2014 | 2 | Sociedade Empresária Limitada Código 2062 | Fabricação de artefatos de material plástico para outros usos não especificados anteriormente | C | Indústrias de Transformação Classe: 2229-3 Subclasse: 2229-3/99 |
| 2011 | 3 | Sociedade Empresária Limitada Código 2062 | Reparação e manutenção de computadores e de equipamentos periféricos | S | Outras atividades de serviços Classe: 9511-8 Subclasse: 9511-8/00 |

| Município: CACHOEIRINHA | | | | | |
|--------------------------------|----------------|--|---|----------------------------|--|
| Ano de Descarte | Gerador | Natureza Jurídica | Atividade Primária (CNAE 2.0 e 2.2) | Código de Atividade | Descrição da Atividade |
| 2015 | 1 | Sociedade Empresária Limitada - Código 2062 | Recuperação de sucatas de alumínio | E | Água, Esgoto, Atividades de gestão de Resíduos Descontaminados Classe: 3831-9 Subclasse: 3831-9/01 |
| 2011 | 2 | Sociedade Empresária Limitada - Código 2062 | Fabricação de material elétrico e eletrônico para veículos automotores, exceto baterias | C | Indústria de Transformação Classe: 2945-0 Subclasse: 2945-0/00 |
| 2014 | 3 | Sociedade Empresária Limitada - Código 2062 | Fabricação de aparelhos e equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica | C | Indústria de Transformação Classe: 2731-7 Subclasse: 2731-7/00 |
| 2011 | 4 | Sociedade Empresária Limitada - Código 2062 | Comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicos | G | Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas Classe: 4687-7 Subclasse: 4687-7/03 |

Todos os demais Geradores, conforme Tabela 2, são 953 estão cadastrados em arquivo disponível com a autora e com a Orientadora, disponibilizados sob demanda.

| Descrição dos municípios | Classificação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Total | | |
|---------------------------|---------------|----------|------------|----------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------------|------------|
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | W | Disponibilizado | CNAE |
| Santo Antônio da Patrulha | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| São Francisco de Paula | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| São Leopoldo | 0 | 0 | 37 | 1 | 0 | 1 | 24 | 1 | 0 | 7 | 0 | 2 | 9 | 2 | 4 | 15 | 3 | 1 | 10 | 0 | 0 | 4 | 133 | 124 |
| São Sebastião do Caí | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| Sapiranga | 0 | 0 | 7 | 0 | 1 | 0 | 9 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 33 | 32 |
| Sapucaia do Sul | 0 | 1 | 4 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 16 | 16 | |
| Taquara | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | |
| Três Coroas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| Total | 1 | 1 | 237 | 2 | 4 | 17 | 216 | 23 | 1 | 42 | 15 | 6 | 57 | 31 | 29 | 65 | 17 | 5 | 65 | 0 | 0 | 29 | 953 | 863 |

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO, COMITÊ DE ÉTICA



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
Unidade de Pesquisa e Pós-Graduação (UAP&PG)
Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)

Versão agosto/2013

UNIDADE DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

RESOLUÇÃO 081/2016

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS analisou o projeto:

Projeto: Nº CEP 16/003 **Versão do Projeto:** 05/07/2016 **Versão do TCLE:** 05/07/2016

Coordenadora:

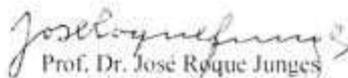
Mestranda Daiane Westphal Padilha (PPG em Engenharia Civil)

Título: Organização do layout e do fluxo produtivo de empresa de gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.

Parecer: O projeto foi APROVADO, por estar adequado ética e metodologicamente, conforme os preceitos da Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

A pesquisadora deverá encaminhar relatório anual sobre o andamento do projeto, conforme o previsto na Resolução CNS 466/12, item XL2, letra d. Somente poderão ser utilizados os Termos de Consentimento onde conste a aprovação do CEP/UNISINOS.

São Leopoldo, 05 de julho de 2016.


 Prof. Dr. José Roque Junges
 Coordenador do CEP/UNISINOS