



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ISABELLA STOPPA MÜLLER FERNANDES

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE IMPLANTAÇÃO DE  
LOGÍSTICA REVERSA PARA RESÍDUOS DE  
EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DA LINHA  
BRANCA**

---

Londrina  
2015

ISABELLA STOPPA MÜLLER FERNANDES

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE IMPLANTAÇÃO DE  
LOGÍSTICA REVERSA PARA RESÍDUOS DE  
EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DA LINHA  
BRANCA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Fernando  
Fernandes

Londrina  
2015

### Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

F363p Fernandes, Isabella Stoppa Muller.  
Proposta de um modelo de implantação de logística reversa para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos da linha branca / Isabella Stoppa Muller Fernandes. -- Londrina, 2015.  
118 f.: il.

Orientador: Fernando Fernandes.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, 2015.  
Inclui bibliografia.

1. Resíduos sólidos – Teses. 2. Logística Reversa - Teses. 3. Saneamento – Teses. I. Fernandes, Fernando. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento. III. Título.

CDU 628.4

ISABELLA STOPPA MÜLLER FERNANDES

**PROPOSTA DE UM MODELO DE IMPLANTAÇÃO DE  
LOGÍSTICA REVERSA PARA RESÍDUOS DE  
EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DA LINHA  
BRANCA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Fernando Fernandes  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana Paulo Gomes  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos –  
Unisinos

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tatiane Cristina Dal Bosco  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná –  
UTFPR

Londrina, 11 de dezembro de 2015.

Dedico este trabalho aos meus pais, Célia e Railton, e ao meu noivo, Amir, por todo incentivo e apoio e por sempre acreditarem no meu potencial.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar forças e me amparar nos momentos difíceis.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fernando Fernandes, por ter acreditado no meu projeto de pesquisa sobre resíduos de equipamentos eletroeletrônicos desde o princípio e por ter sido fundamental no desenvolvimento dessa dissertação.

Aos meus pais, Railton e Célia, e ao meu irmão, Murillo, por me apoiarem na realização do mestrado, pela minha formação acadêmica e pessoal e pelo carinho e paciência. Obrigada por tudo!

Ao meu noivo, Amir, pelo amor e paciência, por estar comigo nos momentos bons e ruins e por me ajudar na realização dessa dissertação. Obrigada por acreditar no meu potencial. Sem você e a Joulie tudo seria muito mais difícil!

À minha família, pelas energias positivas mandadas durante esse processo e por vibrarem com mais essa conquista.

À professora Deize, pelas palavras de incentivo durante todo o mestrado.

Ao Mauro Andrade, pelo apoio e por acreditar na importância do meu projeto.

À Juliana e ao Presunto, pela companhia e amizade sincera e por terem tornado o período do mestrado mais divertido e leve.

À Thaís Réus, pela amizade e ajuda mais que necessária no AutoCad, e à Babi, pela amizade e consultoria na parte financeira do trabalho.

À Daniela Adami e ao Leonardo Kroeger, por terem sido sempre tão atenciosos comigo.

Aos colegas de mestrado, em especial aos meus amigos do "Cantinho Direito", pelo convívio e amizade construída.

"Quando o homem compreende a sua realidade, pode levantar hipóteses sobre o desafio dessa realidade e procurar soluções. Assim, pode transformá-la com seu trabalho, pode criar um mundo próprio: seu Eu e suas circunstâncias".

(Paulo Freire)

FERNANDES, Isabella Stoppa Müller. **PROPOSTA DE UM SISTEMA DE IMPLANTAÇÃO DE LOGÍSTICA REVERSA PARA RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DA LINHA BRANCA.** 2015. Dissertação de conclusão de curso (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento), Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

## RESUMO

Dentre os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), os resíduos da Linha Branca são considerados um grande problema devido ao seu elevado volume e aos poucos processos de reciclagem existentes que sejam ambientalmente corretos e viáveis. Considerando essa questão e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS – Lei nº 12.305), esse trabalho visa propor um modelo para implementação de um sistema de logística reversa para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, especificamente da Linha Branca, tendo o município de Londrina – PR, como estudo de caso. Considerou-se como equipamentos da Linha Branca: refrigeradores, freezers, ar condicionado, fogões e máquinas de lavar. Feito isso, estimou-se a geração desses resíduos utilizando-se o "Método do Consumo e Uso" adaptado para esse estudo. Posteriormente, foi realizada a desmontagem dos equipamentos, visando estabelecer a porcentagem de cada tipo de material presente nesses equipamentos. Realizou-se, então, um levantamento das alternativas de processamento final desses resíduos, visando definir o melhor processo de reciclagem para cada tipo de equipamento. Sendo assim, sugeriu-se a implantação de cinco Pontos de Entrega Voluntárias e um Centro de Triagem e Reciclagem, para os quais foram elaborados projetos básicos. Definiu-se, ainda, a configuração do sistema de logística reversa municipal, elaborou-se uma metodologia para a rastreabilidade dos REEE e estimaram-se os custos de implantação e operação do sistema, estabelecendo as responsabilidades de cada ator no processo de gestão dos REEE. Sendo assim, esse trabalho concluiu que, a produção estimada de REEE da Linha Branca no município de Londrina é de 198 toneladas/mês, equivalentes a 3.062 equipamentos/mês. Já quanto aos custos, para a implantação e o funcionamento do sistema de logística reversa de REEE da linha branca deverão ser investidos os seguintes valores por equipamento: R\$ 102,44/refrigerador; R\$ 102,44/freezer; R\$ 106,44/aparelho de ar condicionado; R\$ 185,92/fogão; e R\$38,91 por máquina de lavar.

**Palavras-chave:** Gestão de Resíduos Sólidos; Logística Reversa; Linha Branca.

FERNANDES, Isabella Stoppa Müller. 2015. Thesis submitted to Course of Postgraduate in Engineering of Buildings and Sanitation – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

## **ABSTRACT**

Among the waste electrical and electronic equipment (WEEE), the White Line residues are considered a major problem due to its high volume and the few existing recycling processes that are environmentally sound and viable. Considering this issue and the National Policy on Solid Waste (PNRS - Law No. 12.305), this paper aims to propose a model for implementing a reverse logistics system for waste electrical and electronic equipment, specifically the White Line, with the city of Londrina - PR, as a case study. It was considered as the White Line equipment: refrigerators, freezers, air conditioning, stoves and washing machines. That done, it estimated the generation of waste using the "Method of Consumption and Use" adapted for this study. Subsequently, the disassembly of the equipment was carried out to establish the percentage of each type of material present in these devices. It held then a survey of final processing alternatives of this waste, in order to define the best recycling process for each type of equipment. Thus, it was suggested the deployment of five Voluntary Delivery Points and Screening and Recycling Center, and for each one of them were designed basic projects. Set up also the configuration of the municipal reverse logistics system, it was developed a methodology for traceability of WEEE and were estimated implementation costs and system operation, establishing the responsibilities of each actor in the WEEE management process. Thus, this paper concludes that the White Line WEEE estimated production in Londrina is 198 tons / month, equivalent to 3,062 devices / month. As for the costs for the deployment and operation of the white line WEEE reverse logistics system should be invested the following amounts per equipment: R \$ 102.44 / refrigerator; R \$ 102.44 / freezer; R \$ 106.44 / air conditioner; R \$ 185.92 / stove; and R \$ 38.91 per washer.

**Keywords:** Solid Waste Management; Reverse logistics; White line.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> -	Ciclo de vida de um equipamento eletroeletrônico .....	24
<b>Figura 2</b> -	Composição média de materiais em um refrigerador (Porcentagens).....	30
<b>Figura 3</b> -	Espuma de poliuretano presente no refrigerador (porta de congelador) .....	30
<b>Figura 4</b> -	Estrutura de sanduíche de um refrigerador com poliuretano .....	31
<b>Figura 5</b> -	Proposta de fluxo de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos de informática .....	47
<b>Figura 6</b> -	Processo de gestão de REEE .....	51
<b>Figura 7</b> -	Fluxograma do Sistema Campo Limpo .....	59
<b>Figura 8</b> -	Mapa do município de Londrina – PR .....	61
<b>Figura 9</b> -	Modelo de geração de REEE (Consumo e Uso).....	63
<b>Figura 10</b> -	Mapa das regiões de Londrina – PR.....	70
<b>Figura 11</b> -	Retirada das paredes externas e das paredes do forno do fogão desmontado .....	75
<b>Figura 12</b> -	Amostra dos materiais do fogão já classificados e prontos para pesagem .....	76
<b>Figura 13</b> -	Retirada da tampa superior da máquina de lavar e de suas partes elétricas .....	77
<b>Figura 14</b> -	Retirada do cesto da máquina de lavar .....	78
<b>Figura 15</b> -	Distância entre os municípios de Londrina – PR e Cabreúva – SP .....	80
<b>Figura 16</b> -	Remoção de óleo e gás presentes nos refrigeradores (Fase 1) – Indústria Fox .....	81
<b>Figura 17</b> -	Fase 1 de reciclagem da Indústria Fox vista do alto .....	81
<b>Figura 18</b> -	Parte Metálica dos refrigeradores já triturados (Fase 2) .....	82
<b>Figura 19</b> -	Amostra do pellet de poliuretano produzido como resultado final na Indústria Fox (Fase 2) .....	82
<b>Figura 20</b> -	Esquema de funcionamento da logística entre os PEVs e o Centro de Triagem e Reciclagem de REEE .....	87
<b>Figura 21</b> -	Fluxograma da estratégia para implantação de um sistema de Logística Reversa de Resíduos de Equipamentos	

Eletroeletrônicos Da Linha Branca no município de Londrina – PR .....	88
--	----

<b>Figura 22 - Modelo do Termo de Doação a ser entregue aos cidadãos que descartarem seus REEE nos PEVs .....</b>	<b>93</b>
---	-----------

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Definições de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (ou elixo) .....	23
<b>Quadro 2</b> - Categorias dos REEE .....	25
<b>Quadro 3</b> - Componentes tóxicos de equipamentos eletroeletrônicos e riscos potenciais à saúde .....	34
<b>Quadro 4</b> - Proposta de fluxo de celulares pós-consumo .....	48
<b>Quadro 5</b> - Quadro-resumo dos atores e suas respectivas responsabilidades para implantação e funcionamento do sistema de Logística Reversa de REEE da Linha Branca no município de Londrina – PR .....	94

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Composição média da sucata de equipamentos eletroeletrônicos.....	27
<b>Tabela 2</b> - Composição média de uma Placa de Circuito Impresso .....	28
<b>Tabela 3</b> - Porcentagem de domicílios por posse de bens em Londrina-PR no ano de 2013 .....	64
<b>Tabela 4</b> - Vida útil dos equipamentos eletroeletrônicos da Linha Branca.....	65
<b>Tabela 5</b> - Peso médio dos equipamentos em estudo .....	65
<b>Tabela 6</b> - Geração de REEE da Linha Branca em Londrina – PR .....	73
<b>Tabela 7</b> - Pesos e porcentagens dos materiais presentes no refrigerador .....	74
<b>Tabela 8</b> - Pesos e porcentagens dos materiais presentes no fogão .....	76
<b>Tabela 9</b> - Pesos e porcentagens dos materiais presentes na máquina de lavar .....	78
<b>Tabela 10</b> - Relação de custos estimados preliminarmente para implantação de um PEV no município de Londrina – PR .....	95
<b>Tabela 11</b> - Relação de custos estimados preliminarmente para implantação do Centro de Triagem e Reciclagem de REEE no município de Londrina – PR .....	97
<b>Tabela 12</b> - Resumo dos custos referentes à implantação do Sistema de Logística Reversa de Linha Branca em Londrina – PR .....	98
<b>Tabela 13</b> - Relação de custos estimados preliminarmente para operação dos PEVs no município de Londrina – PR (por mês) .....	99
<b>Tabela 14</b> - Relação de custos estimados preliminarmente para operação do Centro de Triagem e Reciclagem no município de Londrina – PR (por mês). .....	100
<b>Tabela 15</b> - Relação de custos mensais estimados preliminarmente para processamento e transporte de refrigeradores .....	101
<b>Tabela 16</b> - Relação de custos mensais estimados preliminarmente para processamento e transporte de freezers .....	101
<b>Tabela 17</b> - Relação de custos mensais estimados preliminarmente para processamento e transporte de aparelhos de ar condicionado .....	102

<b>Tabela 18</b> - Receitas e despesas mensais relativas aos materiais provenientes do processamento de um fogão com peso médio de 44,29 kg .....	103
<b>Tabela 19</b> - Receitas e despesas mensais relativas aos materiais provenientes do processamento de uma máquina de lavar por mês com peso médio de 36,51 kg .....	104
<b>Tabela 20</b> - Resumo dos custos referentes à operação do sistema de Logística Reversa de Linha Branca em Londrina – PR / mês.....	104
<b>Tabela 21</b> - Preço unitário previsto para processamento de refrigeradores no município de Londrina–PR .....	106
<b>Tabela 22</b> - Preço unitário previsto para processamento de freezers no município de Londrina–PR .....	106
<b>Tabela 23</b> - Preço unitário previsto para processamento de aparelhos de ar condicionado no município de Londrina–PR .....	106
<b>Tabela 24</b> - Preço unitário previsto para processamento de fogões no município de Londrina – PR .....	107
<b>Tabela 25</b> - Preço unitário previsto para processamento de máquinas de lavar no município de Londrina – PR .....	107

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1 –</b>	Modelo para obtenção da estimativa da quantidade total de resíduos gerados (em toneladas) .....	66
<b>Equação 2 –</b>	Modelo para obtenção da estimativa da quantidade de resíduos gerados por ano (em toneladas. ano-1) .....	66
<b>Equação 3 –</b>	Modelo para obtenção do Custo de Implantação por Equipamento (CIE) .....	72
<b>Equação 4 –</b>	Modelo para obtenção do Custo de Operação por Equipamento (COE) .....	72

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABREE	Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos
CMTU	Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização
CNC	Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo
CORI	Comitê Orientador para Implantação da Logística Reversa
CUB	Custos Unitários Básicos de Construção
ELETROS	Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos
EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
EPI	Equipamento de Proteção Individual
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LR	Logística Reversa
NBR	Norma Brasileira
PCI	Placa de Circuito Impresso
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PNAD	Política Nacional por Amostra de Domicílios
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PU	Poliuretano
REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
UE	União Europeia

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	18
2. OBJETIVOS .....	20
2.1 Objetivo Geral .....	20
2.2 Objetivos Específicos .....	20
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>21</b>
3.1 Resíduos De Equipamentos Eletroeletrônicos: Breve Histórico e Conceito ... .....	21
3.2 Linhas de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos .....	24
3.3 Composição dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos .....	26
3.3.1 Linha Verde .....	27
3.3.2 Linha Branca .....	29
3.4 REEE e Saúde .....	32
3.5 REEE e a Questão Ambiental .....	35
3.6 Legislação Aplicável de REEE em Alguns Países .....	36
3.7. Legislação de REEE no Brasil.....	39
3.7.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos .....	39
3.7.1.1 Logística Reversa.....	41
3.7.1.2 Responsabilidade Compartilhada.....	43
3.7.1.3 Acordos Setoriais .....	45
3.7.1.4 Termos de Compromisso .....	50
3.7.1.5 Etapas da Gestão de REEE e Reciclagem .....	51
3.7.2 Norma ABNT NBR 10004:2004 - Classificação dos Resíduos Sólidos ...	52
3.7.3 Norma ABNT NBR 16156:2013 - Requisitos para Atividade de Manufatura Reversa.....	52

3.7.3.1 Rastreabilidade .....	53
3.8 Legislação Estadual de REEE no Paraná .....	54
3.9 Legislação Municipal de REEE (Londrina-PR).....	55
3.10 Projeto Lixo Zero – Londrina/PR .....	56
3.11 Exemplo bem-sucedido de logística reversa no Paraná .....	58
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>61</b>
4.1 Área de estudo .....	61
4.2 Resíduos considerados .....	62
4.3 Estimativa de geração de REEE da Linha Branca em Londrina .....	63
4.4 Desmontagem de equipamentos.....	66
4.5 Levantamento de alternativas de processamento final .....	67
4.6 Elaboração de fluxograma do processo .....	68
4.7 Pontos de Entrega Voluntária em Londrina – PR.....	69
4.8 Centro de Triagem e Reciclagem de REEE em Londrina – PR .....	70
4.9 Rastreabilidade .....	71
4.10 Definição de responsabilidades.....	71
4.11 Estimativa preliminar de custos.....	71
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>73</b>
5.1 Estimativa de geração de REEE da Linha Branca em Londrina .....	73
5.2 Desmontagem.....	74
5.2.1 Desmontagem de refrigerador.....	74
5.2.2 Desmontagem de fogão .....	75
5.2.3 Desmontagem de máquina de lavar.....	77
5.3 Levantamento De Alternativas De Processamento Final .....	79
5.3.1 Refrigeradores, Freezers e Aparelhos De Ar Condicionado.....	79

5.3.2 Fogões .....	83
5.3.3 Máquinas de Lavar .....	84
5.4 Funcionamento do Sistema de Logística Reversa de REEE da Linha Branca.....	86
5.4.1 Pontos De Entrega Voluntária de REEE da Linha Branca em Londrina – PR .....	89
5.4.2 Centro De Triagem E Reciclagem De REEE Em Londrina - PR .....	91
5.4.3 Rastreabilidade .....	92
5.4.4 Responsabilidades .....	93
5.5 RELAÇÃO DE CUSTOS ESTIMADOS PRELIMINARMENTE .....	95
5.5.1 Estimativa Preliminar dos Custos Globais.....	95
5.5.2 Estimativa Preliminar de Custos Individualizados por Equipamento .....	105
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>108</b>
<b>7. RECOMENDAÇÕES E DESDOBRAMENTOS FUTUROS .....</b>	<b>109</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>118</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os produtos eletroeletrônicos são frutos de constante inovação tecnológica, o que resulta em necessidades de compras num ritmo frenético. Na mesma velocidade em que são produzidos acabam sendo descartados e, nesse caso, são denominados Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). De acordo com Ferreira; Ferreira (2008), REEE são aqueles equipamentos considerados inúteis, supérfluos e/ou sem valor, que são gerados nas atividades humanas.

Apesar do interesse em questões ambientais estar crescendo, grande parte da população ainda não tem consciência do problema dos REEE ou não sabe como destiná-los corretamente. Assim, vários resíduos de equipamentos eletroeletrônicos acabam misturados aos resíduos domésticos, tendo como destino final lixões, aterros sanitários ou fundos de vale. O descarte inadequado faz com que catadores tenham contato direto com os materiais contaminantes, o que indica um problema de saúde pública. Além de causarem efeitos nocivos à saúde humana, esses componentes são tóxicos ao meio ambiente, já que podem provocar contaminação do solo e do lençol freático, afetando todos os organismos da área direta e indireta de sua influência.

Para que se evitem os problemas decorrentes do descarte, o gerenciamento de resíduos apresenta-se como importante ferramenta. Ele possibilita a reciclagem ou recuperação de alguns materiais que compõem os REEE. Por meio desses processos, obtêm-se os subprodutos, que podem ser reimplementados no ciclo produtivo. Essa prática, além de beneficiar o meio ambiente, também reduz custos e tempo de produção, apresentando-se vantajosa economicamente (SILVA *et al.*, 2007).

No Brasil, no dia 2 de agosto de 2010, foi decretada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei nº 12.305, Decreto nº 7.404/2010, que apresenta a logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos como um importante instrumento. A PNRS estabelece, ainda, a responsabilidade compartilhada, abrangendo todos os atores responsáveis pela geração e gestão desses resíduos. Dessa forma, apresenta o setor empresarial como responsável pelo reaproveitamento ou destinação final adequada desses resíduos.

A incorporação dos princípios da Logística Reversa pela Lei nº 12.305/2010 é muito importante, já que não faz o menor sentido exigir que as prefeituras sejam responsabilizadas pelo destino de resíduos fabricados por grandes empresas, que lucraram com venda de seus equipamentos, uma vez que a correta disposição dos REEE demanda tecnologias específicas e tem alto custo.

Apesar de o dispositivo legal existir, sua efetivação depende de Acordos Setoriais com os vários segmentos industriais. Podem ser realizados, também, termos de compromisso, que são acordos locais. No entanto, mesmo com a possibilidade de realização desses acordos, sua efetivação ainda tem se mostrado lenta.

A grande variedade dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos dificulta sua reciclagem e tratamento. Dentre as Linhas de Equipamentos Eletroeletrônicos existentes (verde, marrom, azul e branca), os resíduos da Linha Branca (refrigeradores, freezers, máquinas de lavar...), são considerados um grande problema. Isso se dá em razão do seu elevado volume e dos poucos processos de reciclagem existentes que sejam ambientalmente corretos e viáveis, o que faz com que, em geral, sejam descartados incorretamente.

Dessa forma, esse trabalho visa propor uma estratégia para implementação de um sistema de logística reversa para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, especificamente da Linha Branca, de acordo com a Lei nº 12.305/2010, tendo o município de Londrina – PR, como estudo de caso.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Propor um modelo para a implantação de um sistema de logística reversa de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos da Linha Branca, a fim de atender à Legislação Nacional (Lei nº 12.305/2010), tendo Londrina-PR como estudo de caso.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Estimar a produção de REEE da Linha Branca no município de Londrina – PR;
- b) Avaliar as alternativas de tratamento e destino final de REEE da Linha Branca;
- c) Definir um modelo básico para implantação da logística reversa de REEE;
- d) Estimar a infraestrutura necessária, responsabilidades e custos para o funcionamento do sistema de logística reversa para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos da Linha Branca, bem como as garantias da rastreabilidade do processo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS: BREVE HISTÓRICO E CONCEITO

A Convenção Sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito, criada em 1988 e concluída em 1989, em Basileia (Suíça), ganhou forças para combater a exportação indevida de resíduos tóxicos de países desenvolvidos para países em desenvolvimento, que estava acontecendo nas décadas de 1970 e 1980. Entre os países signatários encontravam-se 105 países e a Comunidade Europeia. Posteriormente à Convenção, foi proposta uma emenda que bane todas as importações de resíduos tóxicos, inclusive aqueles que seriam destinados à reciclagem, porém ainda não foi realizado nenhum novo acordo (MORAES, 2011).

Dentre os países que aderiram a essa Convenção, encontra-se o Brasil, que internalizou sua adesão por meio do Decreto nº 875, de 19 de julho de 1993.

Para os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), essa Convenção teve grande importância, pois identificou, na Lista A do Anexo VIII (acrescentado no ano de 1998), os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos como perigosos devido à elevada toxicidade de elementos presentes em sua composição, principalmente quando queimados ou reciclados em ambientes não controlados e, portanto, inadequados.

Apesar da existência da Convenção da Basileia, muitos países ainda realizam importações e exportações de resíduos eletroeletrônicos, principalmente aqueles em desenvolvimento. Segundo Moraes (2011), China, Índia e outros países ajustaram suas leis para evitar a importação desse tipo de resíduos. No entanto, como esses países são grandes produtores de eletroeletrônicos, possuem elevado interesse nos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, pois representam uma fonte de matéria prima.

A reciclagem ocorre, atualmente, em vários lugares do mundo. Nesse contexto, países desenvolvidos e em desenvolvimento possuem diferentes papéis dentro do sistema. Na grande maioria dos casos, países desenvolvidos

encaminham seus resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para países em desenvolvimento, em sua maioria países asiáticos (Índia e China), onde as operações para o tratamento desses resíduos causam problemas tanto para a saúde, quanto para o ambiente, uma vez que, geralmente, esses países não possuem as condições e tecnologias adequadas para sua realização. No entanto, pelo fato de a mão de obra ser barata e de haver facilidades, tornam-se regiões atrativas para esse tipo de serviço. Aliado ao problema do baixo salário pode-se perceber outras questões éticas, como a incidência de trabalho infantil e as embarcações ilegais (ONGONDO; WILLIAMS, 2011).

Considerando que os resíduos importados chegam por meio de embarcações ilegais, torna-se praticamente impossível a realização de uma estatística quanto ao volume recebido e outras características do processo (MANHART, 2010).

A fim de combater esses problemas ambientais e sociais, vários países estão criando legislações específicas para este tipo de resíduo.

Desde 1994, alguns países da União Europeia (UE) vêm implementando legislações para gerenciar o crescimento exponencial de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Dessa forma, a UE torna-se referência mundial de políticas públicas e de ações voltadas ao EPR (*Extended Producer Responsibility* – Responsabilidade Ampliada ao Produtor) para enfrentar os problemas de toxicidade humana e ambiental (HILTY *et al.*, 2005).

No Brasil, apesar de a Lei n° 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS) ter implementado os produtos eletroeletrônicos como passíveis à logística reversa, percebe-se que antes desse fato não havia legislação que tratasse desse tipo de resíduo de maneira específica. No entanto, mesmo a PNRS ressalva, em seu art. 56, que a logística reversa de lâmpadas e produtos eletroeletrônicos será implementada de forma progressiva segundo cronograma ainda a ser estabelecido em seu regulamento, postergando, dessa forma, a sua exigência e admitindo dificuldades técnicas e operacionais.

A fim de estudar a implantação da logística reversa, foi estabelecido um Comitê Orientador para Implantação da Logística Reversa (CORI), sendo criados, em 2011, Grupos Temáticos, que discutem a logística reversa. No

caso dos eletroeletrônicos, o grupo temático é o GTT04, coordenado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

Embora a Política Nacional de Resíduos Sólidos trate da questão dos equipamentos eletroeletrônicos, não existe nenhuma definição clara sobre esse tópico na legislação brasileira, o que dificulta ainda mais o seu tratamento.

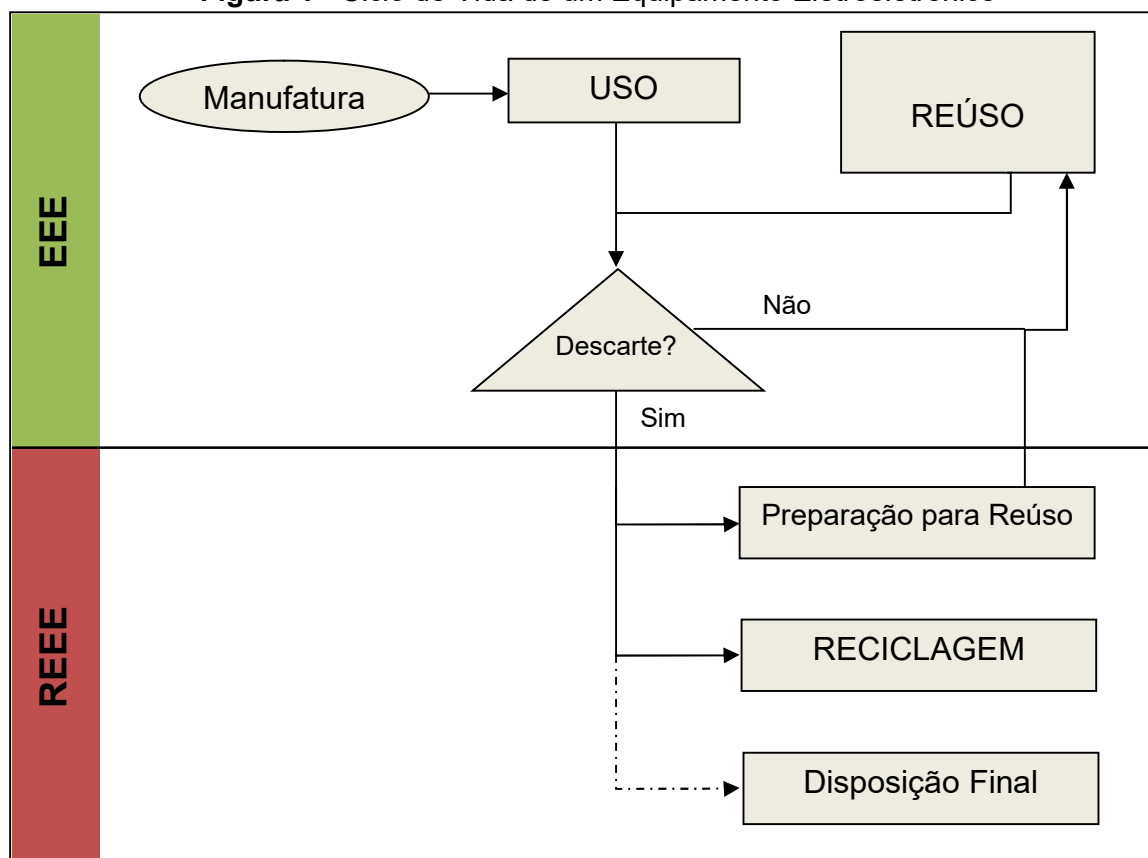
Dessa forma, a fim de facilitar a compreensão acerca do conceito de resíduos de equipamentos eletrônicos (também conhecidos como e-lixo), no Quadro 1, adaptado de Widmer *et. al* (2013), apresenta-se uma visão geral de definições já apresentadas sobre o tema.

**Quadro 1** - Definições de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (ou e-lixo)

REFERÊNCIA	DEFINIÇÃO
Diretiva REEE da UE (UE, 2002)	"Equipamentos elétricos ou eletrônicos* que são considerados resíduos (...) incluindo todos os seus componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que ele é descartado".  * "equipamentos cujo adequado funcionamento depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos"
PUCKET & SMITH, 2002	"E-lixo abrange uma ampla e crescente gama de dispositivos eletrônicos que vão desde grandes aparelhos domésticos, como geladeiras e ar condicionados, a telefones celulares, aparelhos de som e computadores pessoais que foram descartados por seus usuários"
OECD, 2001	"Qualquer aparelho com uma fonte de energia elétrica que já não satisfaz o atual proprietário para sua finalidade original"
StEP, 2014	"Todos os tipos de equipamentos eletroeletrônicos* e suas partes que tenham sido descartadas como resíduo pelos seus usuários"  * "equipamentos com circuito ou componentes elétricos"

Fonte: Adaptado de WIDMER *et al.*, 2013

A partir dessas definições, na Figura 1 apresenta-se um fluxograma de como um equipamento eletroeletrônico se transforma em um REEE, ou seja, seu ciclo de vida.

**Figura 1** - Ciclo de Vida de um Equipamento Eletroeletrônico

Fonte: Adaptado de STEP (2014).

### 3.2 LINHAS DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Visando facilitar o descarte, a reciclagem e o tratamento, devido à grande heterogeneidade dos equipamentos eletroeletrônicos, a Comunidade Europeia estabeleceu, na Diretiva nº 92 de 2002 (2002/96/CE) 11 categorias de REEE (UE, 2002). Essa divisão permite que haja maior diferenciação entre o potencial de risco de cada equipamento, em função de sua vida útil, composição por tipo de materiais, porte do equipamento, entre outros. Essa classificação ocorre conforme o Quadro 2.

**Quadro 2 - Categorias dos REEE**

<b>CATEGORIA</b>	<b>EXEMPLO DE EQUIPAMENTOS</b>
Eletrodomésticos de grande porte	Refrigeradores, freezers, fogões, máquinas de lavar e de secar roupas, micro-ondas, máquinas de lavar louça, equipamento de ar condicionado.
Eletrodomésticos de pequeno porte	Aspirador de pó, ferro de passar roupa, torradeiras, fritadeiras, facas elétricas, relógios de parede e de pulso, secador de cabelo.
Equipamentos de TI e Comunicação	<i>Mainframes</i> , impressoras, minicomputadores, computadores pessoais, <i>laptop</i> , calculadoras, aparelho de fax, netbooks, celular, telefone, tablet.
Equipamentos de consumo e papéis fotovoltaicos	Aparatos para rádio e TV, câmara de vídeo, gravadores hi-fi, amplificadores de áudio, instrumentos musicais, painéis fotovoltaicos.
Equipamento de iluminação	Luminárias para lâmpadas fluorescentes (exceto luminárias domésticas), lâmpadas fluorescentes compactas, lâmpadas de vapor de sódio, lâmpada de halogêneo.
Ferramentas eletroeletrônicas (exceto ferramentas industriais estacionárias em grande escala)	Serras, esmeril, furadeiras, máquinas de corte, parafusadeiras, ferramentas de atividades de jardinagem, máquinas de solda.
Equipamentos de lazer, esporte e brinquedos	Trens e carros elétricos, videogame, console de videogame, computadores para ciclismo, corrida e outros esportes, equipamentos de esporte.
Equipamentos médicos	Equipamentos de radioterapia, cardiologia, diálise, medicina nuclear, análise de laboratório, freezers.
Instrumentos de monitoramento e controle	Detector de fumaça, regulador de aquecimento ou resfriamento, termostatos, equipamentos de monitoramento para uso doméstico ou industrial.
Caixas de autoatendimento	Dispenseres de bebida, produtos sólidos, dinheiro, entre outros.
Outros	Outras categorias não consideradas anteriormente

**Fonte:** UE, 2002

No Brasil, há uma classificação definida pela Eletros, uma associação representativa dos fabricantes de bens eletrônicos de consumo, e pela Abinee (Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica). Essa classificação é

muito utilizada comercialmente e divide o setor dos Bens Eletrônicos de Consumo (BEC) em quatro linhas (ABINEE, 2012):

- a) **Linha Marrom** (imagem e som): rádio gravadores, sistemas de som, TVs (tubo, LCD, plasma), DVDs, videocassetes, entre outros;
- b) **Linha Branca**: inclui os eletrodomésticos de grande porte (como os refrigeradores, ar condicionados, freezers, máquinas de lavar roupa e louça, secadoras, fogões);
- c) **Linha Azul** (Portáteis): correspondem aos eletrodomésticos de pequeno porte, como, por exemplo, os aspiradores de pó, liquidificadores, batedeiras, ferros de passar roupa e as batedeiras;
- d) **Linha Verde**: impressoras, desktops, notebooks, celulares e monitores.

### 3.3 COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos possuem, basicamente, em sua composição polímeros, metais e materiais cerâmicos. No entanto, segundo Widmer (2005), eles podem apresentar mais de 1.000 substâncias, sendo muitas delas tóxicas. Widmer (2013) afirma que aproximadamente 70% dos metais presentes nos aterros sanitários dos Estados Unidos são provenientes de REEE. A grande questão quando se trata de disposição de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em aterros, segundo TENÓRIO; ESPINOSA (2004), é que ocorre a lixiviação de metais. Além da disposição em aterros, a incineração é outra alternativa preocupante, visto que pode gerar organohalogenados devido à presença de retardantes de chamas e resinas poliméricas.

Wilkinson *et al.* (2001) apresentaram a composição média da sucata de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, considerando os diferentes tipos de REEE (Tabela 1).

Apesar de corresponderem a apenas 3,1% da composição média da sucata de REEE, as Placas de Circuito Impresso (PCIs) estão presentes em praticamente todos os equipamentos eletroeletrônicos, como por exemplo celulares, computadores, tablets e alguns modelos de micro-ondas, geladeiras, brinquedos. Esses equipamentos contêm várias frações de materiais valiosos,

e é na placa de circuito impresso que a maioria deles se encontra (OLIVEIRA, 2010).

**Tabela 1** - Composição Média da Sucata de Equipamentos Eletroeletrônicos.

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>
<b>Ferro/Aço</b>	47,9%
<b>Plásticos</b>	20,6%
<b>Metais não ferrosos</b>	12,7%
<b>Outros</b>	7,7%
<b>Vidro</b>	5,4%
<b>Placas de Circuito Impresso (PCI)</b>	3,1%
<b>Madeira</b>	2,6%

Fonte: WILKINSON *et al.* (2001).

Devido aos fatos apresentados, serão ressaltadas as composições das Linhas Verde e Branca. A primeira, pela composição das PCIs e por serem resíduos com alto índice de descarte e a segunda, por ser o objeto de estudo deste trabalho.

### 3.3.1 Linha Verde

A PCI (Placa de Circuito Impresso) é um componente básico, largamente utilizado em toda a indústria eletrônica, principalmente no setor de informática e, sendo assim, amplamente encontrado em resíduos da linha verde. Ela é constituída por uma placa, que se comporta como um isolante (dielétrico), e por trilhas de cobre, que têm a função de conectar eletricamente os diversos componentes e as funções que representam (ANDRADE, 2002).

Na Tabela 2, apresenta-se a composição média de uma PCI, de acordo com Veit (2010).

Ressalta-se que a composição dos resíduos eletroeletrônicos e, principalmente das placas de circuito impresso variam de acordo com o equipamento e o ano de fabricação e, dessa forma, é importante separar os resíduos de acordo com o tipo de equipamento para se determinar sua composição pelo tipo de material.

**Tabela 2 - Composição Média de uma Placa de Circuito Impresso**

<b>Material</b>	<b>Percentual</b>
Materiais Cerâmicos, Vidros e Óxidos	<b>49%</b>
Metais	<b>28%</b>
<b>Cobre (Cu)</b>	14%
<b>Ferro (Fe)</b>	6%
<b>Níquel (Ni)</b>	2%
<b>Zinco (Zn)</b>	2%
<b>Estanho (Sn)</b>	2%
<b>Prata (Ag)</b>	0,3%
<b>Ouro (Au)</b>	0,04%
<b>Paládio (Pd)</b>	0,02%
Plástico	<b>19%</b>
Bromo	<b>4%</b>

Fonte: VEIT (2010).

Os metais presentes nas PCIs podem ser divididos em metais preciosos, metais base e metais tóxicos. Os metais preciosos são ouro, prata paládio e platina; os metais base são cobre, alumínio, níquel, estanho, zinco e ferro; e os metais tóxicos são mercúrio, berílio, índio, chumbo, cádmio, arsênio e antimônio (SHINKUMA; HUONG, 2009).

Segundo a ABRACI (2010), os metais preciosos correspondem a 80% do valor intrínseco do equipamento, apesar de não chegarem a 1% do peso total. Sendo assim, a grande maioria das tecnologias de reciclagem tem como foco a recuperação de metais preciosos.

Quanto aos materiais cerâmicos, os principais componentes compostos por esse tipo de material são os óxidos refratários, que compõem principalmente os capacitores dos equipamentos. Menneti et al. (1996) apresentam que esse óxidos refratários são compostos em geral por 15% de sílica, 6% de alumina, 6% de óxidos alcalinos e alcalino-terrosos e 3% por outros óxidos, sendo que essas porcentagens podem ser variáveis de acordo com o equipamento em questão.

Os materiais cerâmicos são considerados inertes, não causando, assim, problemas ambientais e à saúde pública. No entanto, Luz; Lins (2008) ressaltam a importância de se considerar a composição cerâmica de REEE devido ao fato de que a moagem de PCIs pode liberar fibras de vidro, o que pode causar problemas à saúde pública.

Por fim, os materiais poliméricos geralmente são compostos pelas carcaças dos aparelhos (gabinetes, teclados, mouses, monitores, impressoras), de fácil segregação. As PCs também possuem polímeros em sua composição (ABS, HIPS, PVC, polietileno, polipropileno e policarbonatos) (GERBASE; OLIVEIRA, 2012).

Apesar de a porção plástica corresponder a mais ou menos 25% do peso dos REEEs da linha verde, 5% dos plásticos são do tipo halogenados e estão presentes nos retardantes de chama, que podem emitir gases quando associados aos processos pirometalúrgicos (CARVALHO; XAVIER, 2014).

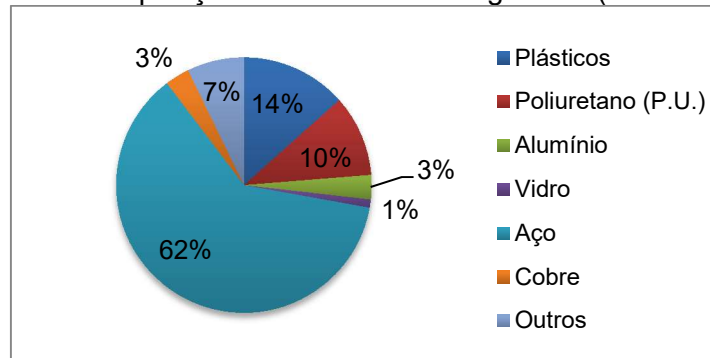
Ainda quanto aos plásticos, um problema apresentado por Kohl (2014) é que 54,86% dos plásticos presentes nos gabinetes não são identificados, o que dificulta a sua reciclagem, uma vez que se exige a classificação dos plásticos de acordo com seu material constituinte para que a reciclagem seja efetuada.

### 3.3.2 Linha Branca

Devido à escassez de dados, encontrou-se apenas uma referência na literatura que tratasse da composição de equipamentos da linha branca, abordando especificamente sobre refrigeradores.

Na linha branca, os refrigeradores recebem destaque por estarem presentes na maioria dos domicílios e, dessa forma, corresponderem a um grande volume de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Tanto freezers, quanto aparelhos de ar condicionado possuem características semelhantes aos refrigeradores e, por isso, são compostos pelos mesmos tipos de materiais.

A composição média de um refrigerador é apresentada na Figura 2. No entanto, assim como ocorre com outros REEE, é importante ressaltar que os refrigeradores apresentam diferenças em sua composição de acordo com o modelo e o ano de fabricação.

**Figura 2 - Composição Média de um Refrigerador (Porcentagens)**

Fonte: ECO3E, 2013

Dentre os materiais presentes no refrigerador, é importante dar destaque ao poliuretano (P. U.), utilizado para o isolamento térmico do refrigerador. Esse é um componente de difícil reciclagem, sendo geralmente destinado a aterros. A espuma rígida de poliuretano é um produto celular estabilizado, com células fechadas, de baixa densidade e altamente interligada. Dentro dessas células é encontrado um agente expensor (CFC 11, CFC 14b ou C5), que apresenta baixa condutividade térmica e proporciona excelentes características de isolante térmico (KOSSAKA, 2004).

O mesmo autor afirma, ainda, que a espuma atravessa uma fase adesiva durante o seu processamento, o que resulta numa ligação forte e permanente com o gabinete externo da chapa de aço e interno de plástico (poliestireno). Assim, forma-se uma estrutura em sanduíche com elevado grau de resistência mecânica. Na Figura 3 apresenta-se essa espuma na porta do congelador, já sem a parte plástica. Na Figura 4, por sua vez, demonstra-se essa estrutura de sanduíche no compartimento do congelador.

**Figura 3 - Espuma de Poliuretano Presente no Refrigerador (porta do congelador)**

Fonte: A autora.

**Figura 4** - Estrutura de Sanduíche de um Refrigerador com Poliuretano



**Fonte:** A autora.

Apenas em 1997, todos os refrigeradores e freezers, no Brasil, passaram a ser fabricados com espuma de poliuretano (KOSSAKA, 2004). Anteriormente ao uso do poliuretano, utilizava-se a lã de vidro ou lã de rocha para o isolamento térmico. Sendo assim, ainda é possível encontrar refrigeradores mais antigos com esses materiais.

Com a substituição da lã de vidro ou de rocha pela espuma de poliuretano, foi possível fabricar refrigeradores e congeladores que apresentaram uma redução considerável no consumo de energia e um menor custo final, uma vez que foram aperfeiçoados os processos de fabricação, reduzindo uma atividade manual (necessária no caso das lãs).

Uma vez que ainda é possível encontrar equipamentos que possuem a lã de vidro como componente, é importante que se conheça esse material. A lã de vidro é fabricada por meio de um processo que consiste em fundir sucatas de vidro (geralmente garrafas), passar esse vidro já fundido por fiéis, estirar e, então, resfriar esses fios com jatos de ar comprimido. Durante esse processo de resfriamento, uma névoa de resina fenólica é aplicada com a finalidade de aglomerar os fios da lã, formando, assim, uma manta (KOSSAKA, 2004). Kossaka (2004) afirma, ainda, que o processo de fabricação de lã de rocha é o mesmo, com a diferença apenas da matéria prima: de vidro para rocha.

Devido às características da lã de vidro, os equipamentos isolados com esse material necessitam ter um gabinete mais forte, composto por placas internas e externas em chapa de aço rígido.

A máquina de lavar roupas é outro equipamento da linha branca que merece ser considerado devido ao fato de possuir em sua composição, Placas de Circuito Impresso. Apesar de possuir PCIs assim como os equipamentos da

Linha Verde, geralmente, essas placas são mais simples devido ao fato de que não executam funções tão sofisticadas. Mesmo com essa característica, suas placas devem ser tratadas como quaisquer outras PCIs, possuindo, no entanto, um valor agregado reduzido.

Por fim, os fogões não apresentam materiais tão significantes em sua composição, no entanto, a presença de metais em grande proporção resulta na importância de sua reciclagem.

### 3.4 REEE E SAÚDE

Devido à sua composição, equipamentos eletroeletrônicos podem causar problemas à saúde do ser humano por conta da exposição ocupacional (manufatura, reciclagem e remanufatura) ou pelo seu uso diário. Apesar disso, existe uma carência de normas e regulamentações que determinem padrões de exposição ocupacional ou que determinem como esses equipamentos devem ser manipulados.

Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos possuem em sua composição diversos materiais tóxicos, que podem resultar em sérios riscos à saúde humana. Um exemplo disso é a composição de um monitor de computador, que contém em torno de 1 a 2 quilogramas de chumbo (20% de seu peso) (NNOROM; OSIBANJO, 2008 *apud* SEO; FINGERMAN, 2011).

A exposição ocupacional aos materiais perigosos pode ocorrer nas diversas fases do ciclo de vida de um equipamento eletrônico, iniciando na fabricação e, após seu uso e descarte, passando pelas fases de reciclagem, recondicionamento, assistência técnica e remanufatura.

Segundo Carvalho; Xavier (2014), na fase de produção e manutenção, podem ocorrer problemas relativos à ocorrência de choques elétricos e à inalação de óxidos de chumbo. Já nas fases de coleta e reciclagem, esses problemas estão relacionados ao manuseio de equipamentos cortantes, infecciosos e pesados presentes em algumas peças ou componentes, aos riscos do transporte e à exposição de substâncias perigosas.

Apesar de os catadores estarem em contato direto com os resíduos de equipamentos eletrônicos, não há nenhuma normativa que determine qual o tempo máximo de exposição a esses resíduos.

A toxicidade dos elementos químicos presentes na sucata eletrônica ainda tem que ser melhor determinada, no entanto, sabe-se que alguns desses elementos resultam em problemas de neurotoxicidade, como o chumbo, o cádmio, o mercúrio e poluentes orgânicos persistentes.

A exposição a esse tipo de resíduos pode causar déficits neurológicos, o que é preocupante pelo fato de que crianças que vivem em locais próximos à reciclagem ou disposição dos REEE podem ser expostas a elevados níveis de toxicidade durante toda a sua vida. Como crianças e bebês possuem peso corporal menor que os adultos, a taxa de compostos tóxicos em seus corpos torna-se maior, devido à concentração. Dessa forma, esses indivíduos tornam-se mais vulneráveis a esses compostos. Os fetos também são muito afetados por essa toxicidade, uma vez que estão em fase de desenvolvimento e crescimento neurológico (CHEN *et al.*, 2011). Além de crianças, bebês e fetos, idosos e doentes crônicos também se encontram entre o grupo considerado de risco para efeitos neurotóxicos.

Percebe-se que os compostos químicos presentes em REEE promovem danos tanto ao meio ambiente, quanto à saúde humana. Dessa forma, a reciclagem adequada desse tipo de resíduo busca minimizar tais danos, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental. No entanto, mesmo a reciclagem possui efeitos nocivos à saúde e ao meio ambiente, visto que gera subprodutos tóxicos.

No Quadro 3, demonstra-se onde se localizam os principais componentes tóxicos e como eles podem afetar a saúde humana.

**Quadro 3 - Componentes Tóxicos de Equipamentos Eletroeletrônicos e Riscos Potenciais à Saúde**

<b>COMPONENTE PERIGOSO</b>	<b>COMPONENTES ELETROELETRÔNICOS</b>	<b>RISCOS À SAÚDE</b>
<b>Chumbo</b>	Soldas nos circuitos impressos e outros componentes e tubos de raios catódicos nos monitores e televisores.	Danos no sistema nervoso, endócrino, cardiovascular e rins; dores abdominais (cólica, espasmo e rigidez); disfunção renal; anemia, problemas pulmonares; neurite periférica (paralisia); encefalopatia (sonolência, manias, delírio, convulsões e coma). Dificuldade de aprendizagem em crianças.
<b>Mercúrio</b>	Placas de circuitos de impressoras, transmissores e interruptores, baterias de produtos eletrônicos.	Possíveis danos cerebrais e cumulativos e podem passar para o feto. Gengivite, salivação, diarreia (com sangramento); dores abdominais (especialmente epigástrio, vômitos, gosto metálico); congestão, inapetência, indigestão; dermatite e elevação da pressão arterial; estomatites (inflamação da mucosa da boca), ulceração da faringe e do esôfago, lesões renais e no tubo digestivo; insônia, dores de cabeça, colapso, delírio, convulsões.
<b>Arsênio</b>	Termostatos, sensores de posição, chaves, relés e lâmpadas descartáveis, equipamentos médicos, transmissão de dados, telecomunicações e telefones celulares, baterias, interruptores de residências e PCs.	Danos pequenos à pele, pulmão e câncer linfático; conhecido agente cancerígeno para os seres humanos.
<b>Cádmio</b>	Baterias de equipamentos eletrônicos e cabos, placas de circuito. Resistores, detectores de infravermelho e semicondutores e nas versões mais antigas de raios catódicos.	Danos ao rim, pulmão e câncer de próstata. Possíveis efeitos irreversíveis nos rins e podem provocar câncer e desmineralização óssea; manifestações digestivas (náusea, vômito, diarreia); problemas pulmonares; envenenamento (quando ingerido); pneumonite (quando inalado).
<b>Retardadores de chama bromados</b>	Computadores e televisores.	Cancerígenos e neurotóxicos: podem interferir na função reprodutora.
<b>Cromo</b>	Placas de Circuito Impresso	Provocam reações alérgicas em contato com a pele, é cáustico e genotóxico.
<b>Bário</b>	Painel frontal do CRT	Inchaço do cérebro, fraqueza muscular, danos no coração, fígado e no baço.
<b>Cobre</b>	Presente em vários componentes eletrônicos	Pode gerar cirrose hepática.
<b>Poliuretano</b>	Refrigeradores, freezers, aparelhos de ar condicionado	Irritação nos olhos e mucosas, bronquites, edemas pulmonares.
<b>Lã de Vidro</b>	Refrigeradores, freezers, aparelhos de ar condicionado, fogões	Irritação na pele e nos olhos.

Fonte: Adaptado de GERBASE; OLIVEIRA (2012); NATUME; SANT'ANNA (2001); ECYCLE (2013).

### 3.5 REEE E A QUESTÃO AMBIENTAL

Quando se trata de resíduos, deve-se levar em conta não somente a sua geração, mas, principalmente, seu descarte e sua interação com o meio ambiente. Durante toda a vida útil de um equipamento eletroeletrônico, desde sua geração até o momento de sua disposição final, diversos compartimentos ambientais são afetados (ar, água, solo) e, com isso, são gerados impactos ambientais das mais diferentes magnitudes.

A Resolução CONAMA 001, de 23 de janeiro de 1986, em seu artigo 1º, considera *impacto ambiental* como:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos naturais” (BRASIL, 1986).

Uma vez descartados, os equipamentos eletroeletrônicos passam a ser considerados resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Infelizmente, o descarte desses resíduos muitas vezes ocorre de maneira inadequada, o que afeta o meio ambiente. Isso ocorre, pois grande parte da população ainda não sabe como descartá-los e não possui conhecimento sobre sua composição.

Quando ocorre o descarte de resíduos em aterros sanitários e lixões, há o risco de ocorrer migração de lixiviado no solo e na água, podendo levar ao seu comprometimento por meio da contaminação por íons metálicos, tornando-se um problema ambiental. O lixiviado, normalmente, surge imediatamente após a disposição de resíduos e pode perdurar por décadas, durante e após o encerramento das atividades de operação do aterro. Para que esse problema seja controlado, são necessárias ações corretivas durante vários anos, a fim de remediar tal contaminação (MORAES, 2011).

Outro problema que pode ocorrer são os incêndios não controlados, durante os quais pode haver emissões de metais e de outras substâncias químicas, como dioxinas e furanos, altamente tóxicos (OLIVEIRA, 2012).

No caso dos refrigeradores, por exemplo, as espumas de poliuretano são altamente inflamáveis e, uma vez que possuem em sua composição CFC, são muito prejudiciais à camada de ozônio (KOSSAKA, 2004).

A fim de se reduzir a quantidade de materiais metálicos que entram em contato com o solo, bem como de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos que são dispostos inadequadamente, a reciclagem surge como uma alternativa viável. Além de diminuir o volume de resíduos encaminhados ao aterro, a reciclagem desses equipamentos permite a reinserção de materiais metálicos no ciclo de produção, representando um ganho econômico e ambiental (MENETTI *et al.*, 1996).

No entanto, quando se trata de reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, é de suma importância que ocorra a avaliação dos impactos gerados durante o seu processamento, visto que pode haver elevado consumo de energia e geração de gases tóxicos, por exemplo, o que pode tornar tal processo inviável ou não justificável.

Scheutz e Kjeldsen (2002), por exemplo, afirmam que, no caso de refrigeradores, mesmo na reciclagem, durante a separação da espuma do gabinete externo metálico e do gabinete interno de plástico, há liberação de cerca de 5% do conteúdo do CFC da espuma para o meio ambiente. Afirmam, ainda, que num prazo de 500 horas após a separação, 2% será liberado e, por um período de 50 anos, os 93% restantes serão liberados para a atmosfera (desde que os pedaços de espuma tenham tamanho superior a 32 mm). Caso os pedaços de espuma sejam de tamanho inferior a quatro milímetros, 5% do CFC será liberado na separação dos gabinetes, 40% durante o processo de moagem e, num prazo de até 500 horas, os 55% restantes.

Tal fato comprova, portanto, a necessidade de se conhecer o processo de reciclagem de REEE e monitorá-lo, evitando a ocorrência de maiores impactos ambientais.

### 3.6 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL DE REEE EM ALGUNS PAÍSES

A China tem sido um dos países que mais fabrica e consome equipamentos eletroeletrônicos e, com isso, tem sofrido com a grande quantidade de material de sucata, o que resulta no aumento da taxa de REEE

gerados, correspondendo a um valor três vezes maior que do resíduo domiciliar (WANG *et al.*, 2010).

De acordo com Zeng *et al.* (2013), cerca de 60% do e-lixo gerado na China é vendido para coletores individuais e passa por reciclagem informal, gerando uma severa poluição no solo e no lençol freático das áreas de reciclagem. Considerando a relevância desse resíduo e seus impactos ambientais, a China passou a preparar sua legislação para REEE, praticamente ao mesmo tempo em que a União Europeia preparava a Diretiva WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipments Directive*).

Apesar de a China e a União Europeia possuírem legislações e diretrizes voltadas para a gestão e o gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, existem algumas diferenças entre elas que podem ser justificadas, segundo Zeng *et al.* (2013), pela cultura e pelas circunstâncias sociais de cada região.

Assim como a China, o Japão possui legislação específica, criada para combater as cinco maiores fontes de REEE no país: televisões, refrigeradores, máquinas de lavar, secadoras de roupa e ar condicionado (ONGONDO; WILLIAMS, 2011).

Quanto à União Europeia (UE), desde 1994, alguns países estão implementando legislações para gerenciar o crescimento exponencial desses resíduos. Dessa forma, costuma ser apontada como referência mundial de políticas públicas e de ações voltadas ao EPR (*Extended Producer Responsibility* – Responsabilidade Ampliada ao Produtor) para enfrentar os problemas de toxicidade humana e ambiental (HILTY *et al.*, 2005).

Ressalta-se que a UE possui a legislação mais avançada da área. Devido ao fato de ainda existir pouca legislação pertinente ao redor do mundo, as normas europeias passaram a ser consideradas normas mundiais para regulamentar o processo de fabricação de eletroeletrônicos, bem como de todo o seu ciclo de vida. As normas mais difundidas são: *Restriction of Certain Hazardous Substances (RoHS)*, *Waste Electrical and Electronic Equipments (WEEE)* e *Energy Using Products (EuP)* (ZENI *et al.*, 2012).

A RoHS (Restrição de Certas Substâncias Perigosas, em português) foi elaborada no âmbito da União Europeia (EU) para reduzir o impacto ambiental dos equipamentos eletroeletrônicos quando estes alcançam o fim de suas

vidas úteis (ZENI *et al.*, 2012). Essa diretiva foi aprovada pelo Parlamento Europeu e pelo Conselho Europeu no dia 27 de janeiro de 2003 e entrou em vigor no dia 1º de julho de 2006.

Já a WEEE (Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos, em português), apesar de ter sido aprovada no mesmo dia que a RoHS, entrou em vigor no dia 13 de agosto de 2005. Ela define alvos para a coleta, tratamento, recuperação e reciclagem de produtos eletroeletrônicos e tem como principal objetivo, diminuir a quantidade de REEE que chega aos aterros. O princípio do poluidor-pagador está presente na diretiva WEEE e, dessa forma, os produtores e importadores da União Europeia tornaram-se, a partir de agosto de 2005, responsáveis pelo ciclo de vida de seus produtos. A WEEE abrange diversas categorias de produtos, de pequenos eletrodomésticos a equipamentos de serviços automáticos (PIASKOWI, 2005).

Por fim, a EuP (Produtos que Utilizam Energia, em português) é uma diretiva que estabelece um quadro para a definição de requisitos de concepção ecológica dirigidos a todo produto que utilize energia para efetuar sua função originalmente definida, permitindo melhorar sua eficiência energética e desempenho e reduzindo, assim, seus impactos ambientais. Ela foi adotada em julho de 2005, e diferentemente da RoHS e da WEEE, abrange mais de um aspecto. Enquanto a RoHS trata da toxicidade e a WEEE trata da reciclabilidade, a EuP trata da eficiência energética, envolvendo questões relacionadas à mudança climática (GREEN ECOSYSTEMS GROUP, 2009).

Os Estados Unidos da América, por sua vez, possuem diferentes leis e programas que abordam os REEE em seus estados. Todas as legislações, exceto as dos estados da Califórnia e Utah, usam a ferramenta da Responsabilidade do Produtor, onde os fabricantes pagam pela reciclagem (ELECTRONICS TAKE BACK, 2015).

Quanto aos países africanos, esses ainda estão relativamente atrasados quando se trata de legislação específica para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Por isso, observa-se que diversos desses países estão entrando no esquema ilegal de importação de REEE, acarretando uma série de problemas à sua população (ONGONDO; WILLIAMS, 2011).

Na América Latina, há falta de estrutura política e de infraestrutura de logística para adequar o manuseio de REEE. No entanto, entre esses países, a

Costa Rica se destaca, por possuir legislação específica desde 2008. Outro país que merece destaque é a Colômbia, que possui decretos específicos para computadores, baterias e equipamentos de iluminação (OTT, 2011). O Brasil também pode ser destacado na América Latina, uma vez que a Política Nacional de Resíduos Sólidos, apesar de não tratar especificamente de REEE, já promove um avanço no manejo e tratamento desses resíduos, a partir da exigência da logística reversa.

### 3.7. LEGISLAÇÃO DE REEE NO BRASIL

#### 3.7.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que “institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências”, está entre as leis ambientais brasileiras mais importantes. Ela é direcionada a todos os envolvidos direta ou indiretamente na geração, gestão ou gerenciamento de resíduos sólidos, ou seja, desde o cidadão até os setores público e privado (Araújo; Juras, 2011).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) apresenta 12 (doze) itens como princípios, destacando-se: poluidor-pagador e produtor-recebedor; e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Já quanto aos 15 (quinze) objetivos, destaca-se, principalmente, a “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”.

Segundo o título I, capítulo II, art 3º, ciclo de vida do produto é a “série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final”.

O mesmo capítulo define resíduos sólidos como:

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

Quanto à gestão e ao gerenciamento de resíduos, a Lei nº 12.305 esclarece o conceito de cada um deles, buscando distingui-los. O gerenciamento pode tratar de apenas um tipo de resíduo e se refere à lógica processual ou operacional, ou seja, às etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Na gestão integrada, trata-se de diferentes tipos de resíduos e, além de envolver todas as etapas do gerenciamento, inclui-se o âmbito político, econômico, social, cultural e ambiental (ARAÚJO; JURAS, 2011).

Outro tema muito abordado pela PNRS é a logística reversa. Ela se dá por meio de ações, procedimentos e meios destinados a realizar a coleta de produtos usados ou outros materiais descartados após o consumo para as empresas fabricantes ou comerciantes. Sendo assim, a logística reversa está intrinsecamente ligada à ideia de poluidor-pagador e produtor-recebedor. O setor empresarial é o responsável, portanto, pelo reaproveitamento ou destinação final ambientalmente adequada.

O título III, art. 33 da referida lei define que:

São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

[...]

VI- produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Portanto, essa lei busca promover uma mudança no quadro dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, que não deverão ser descartados em aterros sanitários e, sim, passar por uma etapa de gerenciamento de resíduos e ter um destino ambientalmente adequado.

Apesar de a Lei nº 12.305/2010 ter implementado os produtos eletroeletrônicos como passíveis à logística reversa, percebe-se que antes desse fato não havia nenhuma legislação sobre esse tipo de resíduo. No entanto, mesmo a PNRS ressalva, em seu art. 56, que a logística reversa de lâmpadas e produtos eletroeletrônicos será implementada de forma progressiva segundo o cronograma ainda a ser estabelecido em seu regulamento,

postergando, dessa forma, a sua exigência e admitindo dificuldades técnicas e operacionais.

A fim de estudar a implantação da logística reversa, foi estabelecido um Comitê Orientador para Implantação da Logística Reversa (CORI), sendo criados, em 2011, Grupos Temáticos, que discutem o referido assunto. No caso dos eletroeletrônicos, o grupo temático é o GTT04, coordenado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, com a participação da indústria (representada pela Abinee e pela Eletros), do comércio (representada pela Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo – CNC; Associação Brasileira de Supermercados – ABRAS e Instituto do Desenvolvimento do Varejo – IDV), do Governo (Ministério do Meio Ambiente – MMA; Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC; Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA; Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO; Frente Nacional dos Prefeitos – FNP), dos recicladores e dos catadores.

Para que a Lei 12.305 tenha sucesso, será necessária a participação efetiva de Estados, Distrito Federal e Municípios, além da União. Ela dispõe acerca dos Planos de Resíduos Sólidos, que deverão ser implantados, sendo o mais importante deles o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente. Ele terá uma vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, devendo ser atualizado a cada 4 (quatro) anos.

Sendo assim, observa-se que a Lei 12.305 implica que as obrigações pós-consumo não são exclusivamente dos consumidores, englobando, também, fabricantes, comerciantes, distribuidores, além dos trabalhadores do serviço público de limpeza urbana e do tratamento e manejo dos resíduos sólidos.

### 3.7.1.1 Logística Reversa

Há pouco tempo, o termo “Logística Reversa” (LR) tem assumido um papel de destaque quando se fala em meio ambiente. Porém, desde os anos 70 começaram a existir expressões que levaram a ela, como “canais reversos”

ou “fluxo reverso”. Nos anos 90, o *Council of Logistic Management* definiu o termo formalmente e, a partir de então, surgiram diversos outros conceitos (MIGUEZ, 2010).

Para se definir “logística reversa” é possível dar ênfase em três aspectos: gerenciamento físico de produtos, meio ambiente ou no processo. Com ênfase no meio ambiente, Miguez (2010) cita algumas definições:

- “O processo onde empresas podem se tornar ambientalmente eficientes através da reciclagem, reúso e redução da quantidade de material usado” (CARTER; ELLRAM, 1998 *apud* MIGUEZ, 2010);
- “Logística reversa é a expressão utilizada para se definir o papel da logística na reciclagem, disposição de resíduos e gerenciamento de materiais perigosos. Aumentando estas perspectivas, inclui todas as questões relacionadas com as atividades logísticas para cuidar da redução de fontes, reciclagem, substituição, reúso de materiais e descarte” (STOCK, 1992 *apud* MIGUEZ, 2010).

Muitas empresas vêm aplicando esse processo, pois é vantajoso economicamente, uma vez que elas economizam na extração de matéria-prima e nos gastos com consumo de energia. Além disso, existe uma pressão cada vez maior por parte dos consumidores quanto à responsabilidade ambiental, interferindo na questão do marketing. Outro fator importante é a questão legal e a pressão governamental.

Ribeiro e Kruglianskas (2015, p. 1) afirmam que a logística reversa tem como principal objetivo:

Ajustar as responsabilidades sobre a gestão dos resíduos pós-consumo, seja do ponto de vista físico (criando forma de recolher/coletar, transportar, separar e beneficiar os resíduos, seja do ponto de vista financeiro (remunerando quem quer que realize estes serviços).

A logística reversa pode ser aplicada a diversos setores, dentre eles, a indústria de equipamentos eletroeletrônicos se destaca por crescer rapidamente, devido aos avanços tecnológicos. De acordo com o Programa Ambiental das Nações Unidas, são gerados de 20 a 50 milhões de toneladas

de REEE por ano, mundialmente (KUEHR; WILLIAMS, 2003 *apud* MIGUEZ, 2010). Sendo assim, a Lei 12.305 torna obrigatória a logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

A estruturação e a implementação da logística reversa na cadeia produtiva devem ocorrer de maneira independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos e, portanto, requer bastante dedicação por parte dos seus atores (LEMOS, 2012 *apud* CARVALHO; XAVIER, 2014).

A logística reversa implantada em cada cadeia produtiva deverá atender e respeitar aos princípios estabelecidos pela PNRS, que lista ainda algumas medidas possíveis: implantação de procedimentos de compra de produtos ou embalagens usados; disponibilização de pontos de entrega voluntária de resíduos; parceria com cooperativas ou associações de catadores (LEMOS, 2012 *apud* CARVALHO; XAVIER, 2014).

Apesar de a PNRS definir que a logística reversa deverá ser implementada para os equipamentos eletroeletrônicos, muitas dificuldades ainda existem para que essa se concretize. A falta de uma política fiscal para a movimentação e reaproveitamento dos produtos pós-consumo dificulta o monitoramento desse processo. Outro ponto que merece destaque é a pouca disponibilidade de empresas parceiras, visto que serão necessários serviços de transporte reverso, tratamento e reciclagem desses resíduos, além da destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos, serviços esses que não são de competência dos fabricantes e comerciantes. Há, ainda, muita divergência entre as legislações (federal, estaduais e municipais), merecendo maior cuidado e sincronização entre essas para que a logística reversa seja efetivamente implantada.

### 3.7.1.2 Responsabilidade Compartilhada

A Política Nacional de Resíduos Sólidos traz em sua redação a responsabilidade compartilhada como um de seus princípios. Segundo o artigo 30:

É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os

fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos [...] (BRASIL, 2010).

Ainda de acordo com o mesmo artigo (BRASIL, 2010), a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos tem como objetivo:

- compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental;
- promover o aproveitamento de resíduos sólidos;
- reduzir a geração de resíduos sólidos;
- incentivar a utilização de insumos mais sustentáveis e menos agressivos ao meio ambiente;
- estimular o desenvolvimento de mercado dos produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
- incentivar para que as atividades alcancem eficiência e sustentabilidade;
- e
- incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental.

Uma questão essencial a ser considerada na implantação do sistema de logística reversa de REEE é a definição de responsabilidades de cada ator envolvido no processo, principalmente no que diz respeito à fonte dos recursos para viabilização de implantação desse sistema.

A ABDI (2013) apresenta três alternativas que podem ser aplicadas no caso da fonte desses recursos:

1. Taxa ou imposto;
2. Fabricante/Importador;
3. Custos compartilhados.

Sendo assim, percebe-se que a responsabilidade compartilhada influencia não só na determinação das atividades a serem executadas para que se cumpra a logística reversa dos REEE, mas, também, no que diz respeito ao financiamento dessas atividades e esse é um ponto em que ainda se identifica grandes controvérsias.

### 3.7.1.3 Acordos Setoriais

Segundo a PNRS (BRASIL, 2010), Acordo Setorial é um:

ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto (BRASIL, 2010).

Conforme deliberação do CORI (Comitê Orientador para Implantação da Logística Reversa), no dia 13 de fevereiro de 2013 foi publicado, no Diário Oficial da União, o Edital nº 01/2013 de Chamamento para a Elaboração de Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e seus componentes. Esse edital destinou-se a fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes e determinava como deveria ser a proposta de acordo setorial.

A proposta deveria seguir alguns pressupostos, como a destinação final ambientalmente adequada, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o sistema de logística reversa independente do serviço público de limpeza, entre outros. É importante ressaltar que tal edital não se referia aos equipamentos eletroeletrônicos de serviços de saúde, mas apenas àqueles de uso doméstico.

Para a elaboração da proposta, poderiam fazer parte cooperativas ou associações de catadores de materiais recicláveis, indústrias e entidades dedicadas à reutilização e à reciclagem, entidades de representação dos consumidores e do poder público (municipal, estadual e federal). Quanto ao prazo de envio, seria de 120 dias contados a partir da data de publicação do edital.

Alguns requisitos mínimos deveriam ser apresentados na proposta, como por exemplo:

- a) Descrição das várias etapas do processo de logística reversa (operacionalização, responsabilidades, avaliação dos benefícios ambientais);

- b) Possibilidade de contratação de entidades juridicamente constituídas (associações ou cooperativas de catadores e outras formas de empreendimentos sociais);
- c) Descrição detalhada do plano de logística reversa e das etapas do ciclo de vida em que essa se insere;
- d) Possibilidade de participação do serviço público de limpeza urbana e sua devida remuneração;
- e) Formas de participação do consumidor no processo;
- f) Plano de comunicação para informar os consumidores sobre o sistema de logística reversa;
- g) Metas de implantação progressiva do sistema de logística reversa para um prazo de cinco anos a partir da assinatura do acordo, com abrangência nacional;
- h) Metas quantitativas de recebimento, recolhimento e destinação final ambientalmente adequada;
- i) Cronograma para implantação;
- j) Avaliação dos impactos sociais e econômicos da implantação da logística reversa;
- k) Penalidades aplicáveis no caso do descumprimento das obrigações previstas no Acordo setorial;
- l) Entre outras.

Ressalta-se que as propostas deveriam ser apresentadas com metas progressivas para cinco anos.

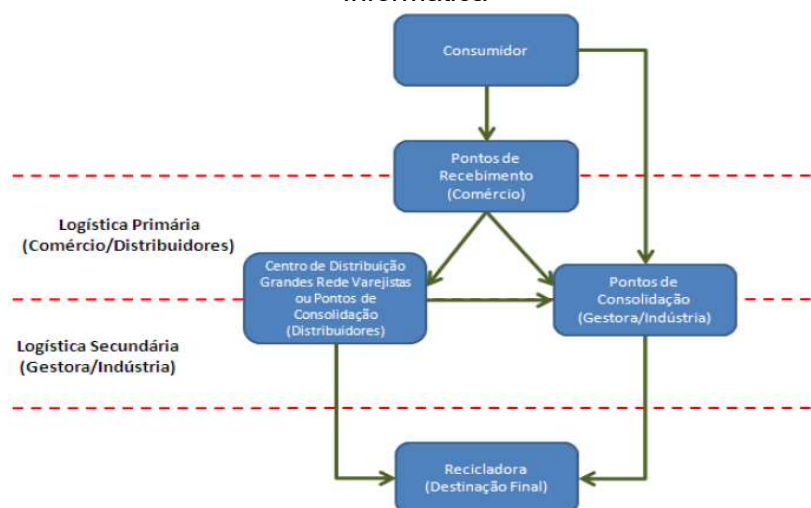
Foram, então, apresentadas duas propostas: uma proposta de logística reversa da indústria (ABINEE/ELETROS) e uma proposta de logística reversa do comércio (CNC, ABRAS, IDV).

A proposta elaborada pela Abinee foi apresentada ao MMA no dia 12 de junho de 2013. Essa proposta possuía duas vertentes, sendo uma sobre equipamentos de informática e seus acessórios (elaborada em conjunto com a Abradisti – Associação Brasileira dos Distribuidores de Tecnologia e Informação) e outra sobre celulares e seus acessórios (elaborada em conjunto com a Sinditelebrasil – Sindicato Nacional das Empresas de Telefonia e de Serviço Móvel Celular e Pessoal). Dessa forma, nota-se que a proposta

elaborada pela ABINEE cobria apenas a Linha Verde dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

De acordo com essa proposta, o fluxo da Logística Reversa de equipamentos de informática e seus acessórios deveria ser o descrito pela Figura 5, iniciando com a participação do consumidor, que deveria entregar seus resíduos em pontos de recebimento, e chegando até a recicladora como destinação final. Sendo assim, segundo essa proposta, o fluxo contaria com uma logística primária, de responsabilidade do comércio e dos distribuidores, e de uma logística secundária, de responsabilidade de uma gestora e da indústria.

**Figura 5 - Proposta de Fluxo de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos de Informática**



Fonte: ABINEE, 2014.

Já para o caso dos celulares, a ABINEE realizou uma proposta com cinco etapas do fluxo pós-consumo, conforme o Quadro 4. Dessa forma, entre os atores responsáveis pelo processo estariam o consumidor, os estabelecimentos comerciais e distribuidores, os fabricantes (e importadores ou distribuidores) e os prestadores de serviço de destinação final ou recicladores.

Uma vez que as propostas da ABINEE e da CNC foram recebidas e estudadas pelo MMA, esse enviou uma devolutiva em agosto de 2013 solicitando que as propostas fossem unificadas e que os pleitos e condicionantes fossem tratados em fórum separado do Acordo Setorial (ABINEE, 2014).

**Quadro 4 - Proposta de Fluxo de Celulares Pós-Consumo**

<b>Etapas pós-consumo</b>	<b>Atores Responsáveis</b>
<b>1</b> Devolução dos celulares, após o uso, em urnas coletoras instaladas em pontos de recebimento.	<b>Consumidor</b>
<b>2</b> Recebimento e adequado armazenamento dos celulares através de urnas coletoras em pontos de recebimentos localizadas em estabelecimentos comerciais, para posterior devolução aos fabricantes. Gestão do volume de resíduos para solicitação de retirada. Devolução dos celulares ao agente logístico ou ao prestador de serviço indicado pelo fabricante.	<b>Estabelecimentos comerciais e distribuidores</b> (rede varejista, incluindo Prestadoras de Serviços de Telefonia Móvel, e eventuais pontos de coleta implantados voluntariamente por fabricantes).
<b>3</b> Transporte dos celulares dos pontos de recebimento até as empresas de gestão, recuperação e reciclagem de resíduos de produtos eletroeletrônicos.  Recebimento e gestão de celulares.	<b>Fabricantes</b> (e importadores ou distribuidores, quando for o caso). Os Fabricantes poderão contratar prestador de serviço para coletar, transportar, armazenar e segregar. Prestadoras de Serviços de Telefonia Móvel e o comércio que mantiverem contratos diretamente com a empresa de logística e destinação final poderão desempenhar as atividades desta etapa diretamente, se assim preferirem.
<b>4</b> Recuperação, reciclagem e destinação adequada.	<b>Prestadores de serviços de destinação final ou recicladores</b> (contratados por fabricantes, importadores ou diretamente pelas Prestadoras de Serviços de Telefonia Móvel).

Fonte: ABINEE, 2014.

Em outubro de 2013, foi protocolada uma carta assinada pelas entidades ABINEE, ELETROS, CNC, ABRAS, IDV, Sinditelebrasil e Abradisti informando que a elaboração da proposta unificada estava em andamento e ratificando a necessidade de um fórum separado do Acordo setorial para solução dos seguintes pleitos e condicionantes, conforme ABINEE (2014):

- a) Criação de entidade de controle e governança dos sistemas de logística reversa implantados;
- b) Reconhecimento da não periculosidade dos REEE descartados enquanto não haja alteração das suas propriedades físico-químicas;
- c) Criação de norma legal que discipline a renúncia da titularidade do REEE descartado;
- d) Envolvimento vinculante de todos os atores do ciclo de vida dos produtos eletroeletrônicos não signatários do acordo setorial;

- e) Criação de documento autodeclaratório de transporte dos REEE com validade em todo o território nacional, documentando a natureza e a origem da carga;
- f) Em estudo, participação pecuniária do consumidor para custeio da LR, destacada do preço e isenta da tributação, e instrumentos/mecanismos de compensação/custeio produtos órfãos.

Os produtos órfãos são uma grande questão quando se trata de responsabilidades sobre os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, uma vez que esses produtos são importados e não possuem um fabricante responsável no País ou são importados de maneira ilegal. Dessa forma, este é um problema que deve ser resolvido pelo Governo, evitando, assim, que grande quantidade de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos não seja reciclada devido à falta do responsável legal. No edital de chamamento no. 001/2013, as empresas nacionais estavam isentas da obrigação de cuidar dos REEE órfãos, no entanto, acredita-se que essas empresas possuam a capacidade de absorver esses resíduos (KFOURI, 2013).

Após o cumprimento da unificação da proposta, a mesma foi protocolada em janeiro de 2014, pelas entidades ABINEE, ELETROS, CNC, ABRAS, IDV, Sinditelebrasil e Abradisti. Em março de 2014, o MMA enviou uma devolutiva às entidades, elogiando a proposta elaborada, sugerindo melhorias e reconhecendo que os pleitos e condicionantes extrapolavam as questões ambientais e, portanto, outros ministérios foram solicitados para auxiliar nessa questão.

Apesar dos avanços dos últimos anos, o fato dos equipamentos eletroeletrônicos serem muitos diversificados dificulta o estabelecimento de um processo que atenda a todas as suas linhas (branca, verde, marrom e azul). Sendo assim, até o momento não há uma definição sobre o acordo setorial de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

### 3.7.1.4 Termos de Compromisso

O termo de compromisso é apresentado na Lei 12.305/2010 (PNRS) como instrumento para implementação da logística reversa. No entanto, a referida Lei não apresenta uma definição para ele, tampouco o Decreto nº 7404/2010. FIESP (2012, p. 9) define "termo de compromisso" como:

Um incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados, visando à elevação das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos.

Os termos de compromisso estão diretamente relacionados à Responsabilidade Compartilhada e, de acordo com o Decreto nº 7404, poderão ser celebrados entre o Poder Público e os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes sempre que não houver acordo setorial ou regulamento específico (com o objetivo de fixar compromissos e metas mais exigentes) na mesma área de abrangência (BRASIL, 2010b).

Os termos de compromisso poderão ser homologados por qualquer órgão do Sisnama (Sistema Nacional de Meio Ambiente) (BRASIL, 2010b) e podem ser firmados em âmbito nacional, regional, estadual ou municipal, sendo que os nacionais têm prevalência sobre os demais e os firmados em âmbito regional ou estadual têm prevalência sobre os municipais (BRASIL, 2010a).

Sobre os resíduos que se enquadram como passíveis de execução da logística reversa, entre os quais os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, a PNRS, artigo 33, parágrafo 7º afirma que:

Se o titular do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, por acordo setorial ou termo de compromisso firmado com o setor empresarial, encarregar-se de atividades de responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes nos sistemas de logística reversa dos produtos e embalagens a que se refere este artigo, as ações do poder público serão devidamente remuneradas, na forma previamente acordada entre as partes (BRASIL, 2010a).

Dessa forma, percebe-se que por meio de termos de compromisso, é possível que as atividades de logística reversa de REEE sejam transferidas ao poder público, sendo, então, devidamente remuneradas.

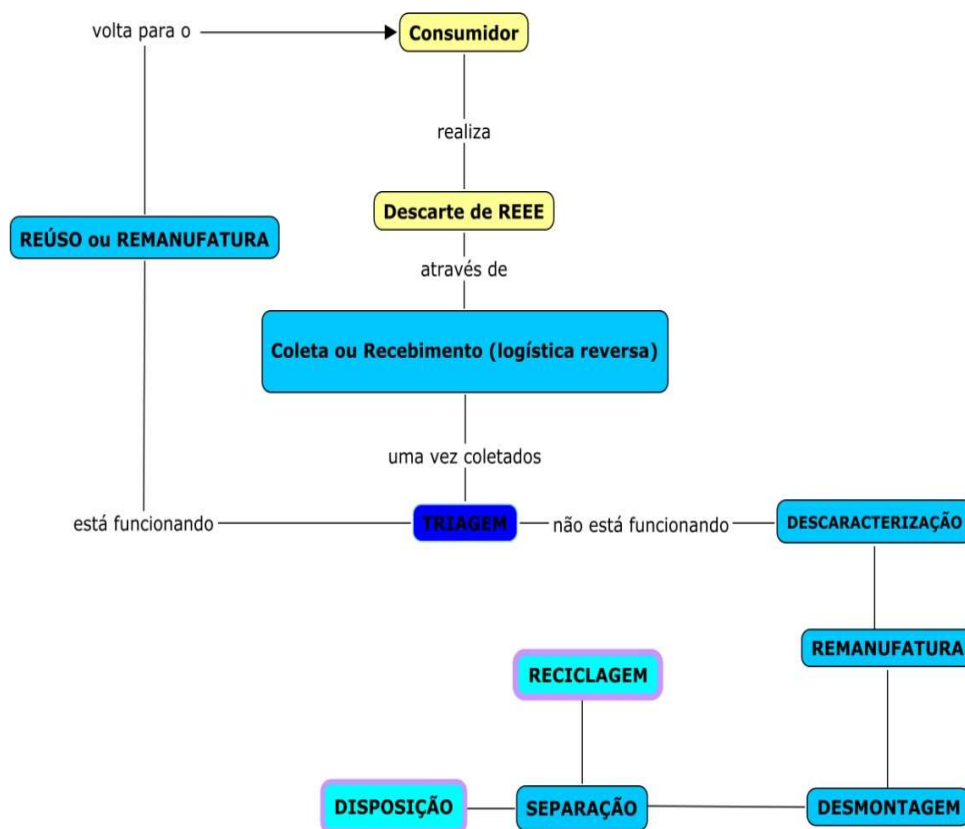
### 3.7.1.5 Etapas da Gestão de REEE e Reciclagem

A Lei 12.305/2010 (PNRS) define "reciclagem" como "processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos [...]" (BRASIL, 2010a).

A reciclagem, assim como a não geração, a redução, a reutilização, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, encontra-se entre os objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Na gestão de REEE, a reciclagem é a penúltima etapa, sendo que a última é a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (CARVALHO; XAVIER, 2014). Na Figura 6, apresenta-se o funcionamento do processo de gestão de REEE.

**Figura 6 - Processo de Gestão de REEE**



Fonte: Adaptado de CARVALHO; XAVIER, 2014.

### 3.7.2 Norma ABNT NBR 10004:2004 - Classificação dos Resíduos Sólidos

A Norma ABNT NBR 10004:2004 classifica os resíduos quanto à sua periculosidade, em: Resíduos Classe I e Resíduos Classe II. Os Resíduos Classe I são aqueles que apresentam risco à saúde pública (provocando mortalidade, incidências de doenças ou acentuando seus índices) ou ao meio ambiente, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, ou seja, são perigosos. Essa periculosidade pode ocorrer devido às seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Já os Resíduos Classe II são os não-perigosos e podem ser divididos em classe II A (não-inertes) e classe II B (inertes). Resíduos inertes, segundo a NBR 10004, são aqueles que:

“quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor” (ABNT, 2004).

Essa norma apresenta, em seu Anexo A (ABNT, 2004), que as "cinzas provenientes da incineração de placas de circuito impresso contendo metais preciosos" são consideradas resíduos perigosos, pelo fato de possuírem toxicidade como característica.

### 3.7.3 Norma ABNT NBR 16156:2013 - Requisitos para Atividade de Manufatura Reversa

A norma ABNT NBR 16156:2013 estabelece requisitos para proteção ao meio ambiente e para o controle dos riscos de segurança e saúde no trabalho na atividade de manufatura reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Essa norma define equipamentos eletroeletrônicos como:

"equipamentos, partes e peças cujo funcionamento adequado depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transmissão,

transformação e medição dessas correntes e campos, podendo ser de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços" (ABNT, 2013).

Já resíduos de equipamentos eletroeletrônicos são definidos como "equipamentos eletroeletrônicos, partes e peças que chegaram ao final da sua vida útil ou o uso foi descontinuado" e resíduo eletroeletrônico perigoso, como "resíduo eletroeletrônico cuja composição é desconhecida ou que, em função de suas propriedades físicas e químicas, pode apresentar risco à saúde pública (...) e/ou ao meio ambiente" (ABNT, 2013).

Segundo essa norma, a organização que trabalha como atividade de manufatura reversa de REEE deve estabelecer, documentar, implementar e continuamente melhorar um sistema de gestão para resíduos eletroeletrônicos. Deve-se, então, estabelecer uma Política Ambiental, que considere aspectos ambientais e de segurança e saúde no trabalho.

Para que a gestão obtenha sucesso é necessário que haja treinamento e conscientização de todos os envolvidos no processo, além de realizar uma documentação de tudo o que envolve a gestão de REEE.

A norma ressalta, ainda, a importância da descaracterização e da rastreabilidade no processo de manufatura reversa, garantindo a segurança do cliente.

Quanto ao destino dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, a norma apresenta quatro categorias: materiais recicláveis; aterros para resíduos sólidos Classe IIA/IIB; aterros para resíduos sólidos Classe I, e; outros.

Por fim, o Anexo A da respectiva norma apresenta grupos de substâncias que conferem periculosidade aos resíduos eletroeletrônicos e suas aplicações típicas em eletroeletrônicos.

### 3.7.3.1 Rastreabilidade

A norma ABNT 16156:2013 define rastreabilidade como a "capacidade de recuperar o histórico, a aplicação ou a localização daquilo que está sendo considerado até a transformação em matéria prima ou disposição final" (ABNT, 2013).

Essa norma apresenta a rastreabilidade como um dos aspectos relevantes do controle operacional, o que justifica a abordagem desse tema na execução desse trabalho. De acordo com essa norma, a rastreabilidade deve incluir, entre outros:

- a) realização da inspeção do material recebido com objetivo de identificar riscos efetivos e potenciais;
- b) documentos pertinentes exigidos pelos clientes que comprovem a rastreabilidade até a etapa seguinte do gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos de acordo com requisito específico;
- c) evidências objetivas que comprovem a conformidade contratual e legal da destinação final;
- d) verificação dos transportes intermediários dos resíduos, em relação ao destino final pretendido;
- e) prover informações aos clientes, quando solicitado (ABNT, 2013).

É importante ressaltar que a norma ABNT 16156:2013 determina que a organização realize uma auditoria de segunda parte nas organizações responsáveis pelas etapas seguintes à sua, com intenção de verificar se estas estão em acordo com as necessidades técnicas e operacionais para o gerenciamento dos resíduos.

### 3.8 LEGISLAÇÃO ESTADUAL DE REEE NO PARANÁ

Em 1989, quando foi promulgada a Constituição do Estado do Paraná, a preocupação estadual com o meio ambiente já se fazia presente no artigo 1º, inciso IX, que trazia como princípio e objetivo "a defesa do meio ambiente e da qualidade de vida" (PARANÁ, 1989). A própria Constituição afirma ainda que "proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas" (PARANÁ, 1989) deveria ser uma competência do Estado, em comum com a União e os Municípios e que a legislar sobre a responsabilidade por dano ao meio ambiente é uma responsabilidade do Estado, concorrentemente com a União. Já aos municípios, a constituição paranaense afirma que é de sua competência "garantir a defesa do meio ambiente e da qualidade de vida" (art. 17º, inciso X).

O Capítulo V da Constituição do Estado do Paraná trata especificamente do Meio Ambiente e aborda, no artigo 207, inciso XI, que cabe ao Poder Público "incentivar a solução de problemas comuns relativos ao meio ambiente,

mediante celebração de acordos, convênios e consórcios, em especial para a reciclagem de resíduos" (PARANÁ, 1989).

Quanto aos resíduos sólidos, a Lei Estadual 12.493, de 5 de fevereiro de 1999:

Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes a geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e adota outras providências (PARANÁ, 1999).

Apesar de abordar o caso dos resíduos sólidos, essa Lei não trata sobre a questão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Em 2008, o Estado do Paraná promulgou a Lei 15.851, de 10 de junho de 2008, que dispõe que:

As empresas produtoras, distribuidoras e que comercializam equipamentos de informática, instaladas no Estado do Paraná, ficam obrigadas a criar e manter o Programa de Recolhimento ou Destruição de Equipamentos de Informática, sem causar poluição ambiental (PARANÁ, 2008).

Nota-se, portanto, que apesar de possuir uma legislação específica para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, a aplicação dessa lei é restrita aos resíduos de informática (linha verde) e, portanto, não abrange todas as categorias de REEE.

### 3.9 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL DE REEE (LONDRINA-PR)

A Lei Municipal Nº 11.228 de Londrina-PR, promulgada no dia 6 de junho de 2011, entende como REEE resíduos dos seguintes equipamentos (art. 3º):

I - monitores;	VII - impressoras;	XIII - ferro de passar;
II - televisores;	VIII - centrais telefônicas;	XIV - liquidificador;
III - computadores;	IX - DVDs;	XV - mp3 e outros;
IV - celulares;	X - vídeo cassete;	XVI - forno de micro-ondas; e
V - telefones;	XI - CD player;	XVII - produtos similares.
VI - fax;	XII - rádios;	

Além disso, no parágrafo único do referido artigo, afirma-se que será considerado REEE "todo e qualquer equipamento que possua placa eletrônica" (LONDRINA, 2011).

Essa Lei autoriza o Poder Executivo Municipal, tanto a administração direta, quanto a administração indireta, a destinar seus resíduos eletroeletrônica a qualquer Organização Não Governamental ou Associação que preencham 6 requisitos. São eles:

- I - possuam o título de utilidade pública municipal;
- II - tenham sede e foro no município de Londrina;
- III - tenham comprovada atuação na coleta seletiva de resíduos sólidos como um todo;
- IV - estejam em conformidade com o disposto no inciso XXVII do artigo 24 da Lei Nº 8.666, de 21 de junho de 1993, (...);
- V - apresentem projeto de recuperação, reutilização e destinação final dos rejeitos de cada item relacionado no artigo 3º desta Lei; e
- VI - tenham licenciamento ambiental de operação específica para lixo eletrônico" (LONDRINA, 2011).

Considerando o acima exposto, percebe-se que o município de Londrina passou a se preocupar com a questão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos pouco depois da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010).

Apesar disso, é possível perceber que diversos equipamentos eletroeletrônicos ficaram de fora dessa lei, como é o caso dos equipamentos da Linha Branca. Sendo assim, não há nenhuma legislação que determine qual deve ser o destino desses resíduos no município de Londrina.

### 3.10 PROJETO LIXO ZERO – LONDRINA/PR

O Projeto Lixo Zero foi desenvolvido pela Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização (CMTU) da Prefeitura de Londrina-PR, que se define como:

"um conjunto de leis, programas, técnicas, ações, métodos e tecnologias que objetivam conjuntamente coletar e destinar de forma ambientalmente correta, socialmente justa e economicamente viável, 100% dos resíduos produzidos pelo município" (CMTU, 2015a).

Ainda de acordo com o mesmo documento, a CMTU afirma que esse projeto terá como base a "integração dos serviços de educação ambiental, limpeza urbana, coleta seletiva, coleta convencional, processamento dos materiais recicláveis, tratamento dos resíduos orgânicos e destinação final dos rejeitos" (CMTU, 2015a).

O projeto Lixo Zero visa atingir objetivos de curto e de longo prazo. Dentre os objetivos de curto prazo estão:

- melhora na prestação dos serviços;
- aumento do volume de materiais reciclados;
- redução do volume de rejeito destinado ao aterro sanitário.

Já dentre os objetivos de longo prazo encontram-se:

- transformação de 100% dos resíduos sólidos urbanos em produtos;
- aproveitamento energético;
- não utilização do aterro sanitário como destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

Visando atingir essas metas, foi publicado um edital de Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI) para que as empresas e pessoas físicas interessadas em participar do processo de escolha das tecnologias a serem implementadas manifestassem interesse em participação no processo. A PMI orientou a participação de pessoas físicas e jurídicas na estruturação de projetos de concessão patrocinada ou administradas pelo poder público (LONDRINA, 2013). No total, três pessoas físicas se inscreveram e dezoito pessoas jurídicas (CMTU, 2015b), porém, apenas sete empresas apresentaram tecnologias que pudessem ser aplicadas no Projeto Lixo Zero. Apesar de o estudo para a execução do Projeto Lixo Zero estar em andamento, o mesmo ainda não foi licitado.

Com a implantação desse projeto, espera-se que o município de Londrina consiga cumprir as exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

### 3.11 EXEMPLO BEM-SUCEDIDO DE LOGÍSTICA REVERSA NO PARANÁ

No estado do Paraná, um exemplo bem-sucedido de logística reversa é o caso das embalagens de agrotóxicos. A Anpara – Associação Paranaense de Revendedores Agroquímicos, pessoa jurídica de direito privado, é uma associação civil sem fins lucrativos, que trabalha conjuntamente com o inpEV – Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias no Sistema Campo Limpo. Esse sistema tem como base o conceito de responsabilidade compartilhada entre agricultores, indústria, canais de distribuição e poder público.

Entre os objetivos da Anpara estão:

I- congregar os agentes do mercado de defensivos agrícolas, [...] visando promover e fortalecer a união entre eles, facilitar-lhes o acesso a conhecimentos técnicos, prestar serviços de utilidade comum e defender os interesses da classe;

II- promover o relacionamento com as autoridades constituídas e com a mídia, divulgando e fortalecendo pontos de interesse da Associação.

III- proporcionar aos associados o debate de ideias, a elaboração de documentos que possam consolidar junto aos diversos públicos a imagem de entidade profissional e confiável;

IV- ser porta-voz da classe em todas as ocasiões nas quais se exige demonstração de sua união e massa crítica de argumentação;

V- colaborar com entidades congêneres e oficiais em projetos de interesse comum;

VI- auxiliar o associado na análise de obtenção de crédito;

VII- coletar e divulgar informações, literatura e dados estatísticos, bem como estudar e sugerir medidas relacionadas com a atividade dos associados.

VIII- adquirir, construir ou alugar os imóveis necessários às suas instalações administrativas, tecnológicas, de armazenamento e outras.

IX- viabilizar o transporte, o beneficiamento, o armazenamento, a classificação, a industrialização, a assistência técnica e outros serviços necessários à produção, e servir de assessora ou representante dos associados na comercialização de insumos e da produção.

X- filiar-se ou manter convênio com outras entidades congêneres de interesse da associação, sem perder sua individualidade e poder de decisão." (ANPARA, 2015).

O funcionamento da Anpara depende da participação efetiva dos agricultores, que são responsáveis pela preparação (tríplice lavagem) e pela devolução das embalagens vazias de agroquímicos, de acordo com a Lei 9.974/2000 e com o Decreto 4.074/2002. As entregas dessas embalagens podem ser agendadas ou realizadas na Central de Recebimento, localizada em Cambé – PR, e nunca devem ser efetuadas a pessoas, veículos ou empresas sem o credenciamento da Anpara.

Segundo a Prefeitura de Cambé (2014), esse é um processo que conta com a participação de cinco setores, sendo um sistema que "tem início no fabricante e só é finalizado quando a embalagem chega às recicladoras, e em alguns casos chega às incineradoras".

A Anpara afirma que a unidade, que trabalha na região desde 2002, recebe uma média de 950 mil embalagens por ano, armazenando-as e efetuando a destinação ambientalmente correta (CAMBÉ, 2014).

O inpEV, por sua vez, é o instituto que representa a indústria fabricante de defensivos agrícolas na destinação das suas embalagens e, assim como a Anpara, ele é uma associação sem fins lucrativos. Ele é o responsável pelo gerenciamento do Sistema Campo Limpo, apresentado na Figura 7.

**Figura 7 – Fluxograma do Sistema Campo Limpo**



Fonte: INPEV (2015).

Além do caso das embalagens de agroquímicos, cinco cooperativas de materiais recicláveis de Londrina assinaram no dia 24 de agosto de 2015 uma parceria com empresas fabricantes de cosméticos, perfumarias, higiene pessoal, alimentos e bebidas para a implantação de um programa de logística reversa dos resíduos provenientes dos seus produtos. Essa iniciativa faz parte do programa "Dê a mão para o futuro: reciclagem, trabalho e renda", que foi desenvolvido como uma alternativa viável para as empresas associadas no gerenciamento de resíduos sólidos pós-consumo e implantado, inicialmente, no estado de Santa Catarina. O programa é desenvolvido pela Associação Brasileira de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos – ABIHPEC, em conjunto com a Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza – ABIPLA e com a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas, Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados – ABIMAPI (ABIHPEC, 2014).

Ainda segundo a ABIHPEC (2014), o termo foi assinado pela Central de Coleta e Comercialização de Materiais Recicláveis e Reaproveitáveis de Londrina e Região (Centralcoop), pela própria ABIHPEC, pela ABIPLA, pela ABIMAPI, pelo Sindicato das Indústrias de Cerveja de Alta e Baixa Fermentação, da Cerveja e Bebidas em Geral, do Vinho e Águas Minerais do Estado do Paraná (Sindibebidas – PR) e pela CMTU.

Para que a logística reversa funcione em Londrina, o município irá colaborar com o aluguel de dois barracões de mil metros quadrados por 16 meses, sendo que, posteriormente, o projeto deverá se autossustentar ou ser financiado pelas demais partes. Estima-se um custo de R\$ 20 mil a R\$ 30 mil por mês (ABIHPEC, 2014).

Por fim, afirma-se que as associações de fabricantes serão responsáveis pela compra dos maquinários necessários para a reciclagem do materiais e que as empresas serão responsáveis pelo treinamento, qualificação e capacitação do catadores.

Cabe ressaltar que o projeto está em fase de implantação e ainda não entrou em funcionamento.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

Londrina (Figura 8) é um município brasileiro localizado na região norte do estado do Paraná, Região Sul do Brasil. Sua criação se deu pelo Decreto Estadual nº 2.519, em 3 de dezembro de 1934, e sua instalação foi iniciada no mesmo ano, no dia 10 de dezembro, data em que se comemora o aniversário da cidade (LONDRINA, 2015).

**Figura 8 – Mapa do Município de Londrina – PR**



**Fonte:** Google Maps, 2015.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), Londrina possui uma área de 1.652,568 km<sup>2</sup> e uma população de 506.701 habitantes (em 2010), resultando numa densidade demográfica de 306,52 hab/km<sup>2</sup>. Para o ano de 2014, o IBGE (2015) estimou uma população de 543.003 habitantes.

De acordo com o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010), o município de Londrina possui 164.898 domicílios, dos quais a maior parte está localizada na região urbana, sendo essa residida por 493.520 pessoas.

Londrina possui um produto interno bruto (PIB) de R\$ 12.826.470,00, e um PIB *per capita* de R\$ 24.871,62 (IBGE, 2012). Na área da economia, o município tem como principal atividade os serviços (3º setor), que apresentam um valor adicionado bruto dos serviços a preços correntes de 8.478.797 mil reais, que corresponde a 66% do total do PIB.

Quanto aos resíduos sólidos, em 2013, o município gerava um total de 434 toneladas diárias produzidas e a coleta doméstica atendia a um total de 97,40% da população (urbana e rural) (LONDRINA, 2013).

Desde 2009, o município conta com o Programa Londrina Recicla (Decreto Municipal nº 829/2009) e o serviço de coleta de resíduos recicláveis passou a ser realizado por cooperativas de catadores. Dessa forma, os resíduos são coletados porta a porta e são encaminhados para os barracões, onde passam por triagem e são comercializados, evitando sua disposição em aterros e sendo reinseridos na cadeia produtiva. Essas cooperativas são contratadas pela Prefeitura e, assim, vários catadores são beneficiados (CMTU, 2015).

Londrina conta, atualmente, com a participação de sete cooperativas de reciclagem. A fim de determinar como fica distribuído o serviço, a CMTU (2015) disponibiliza em seu *site* um mapa geral para a coleta semanal, que demonstra qual a cooperativa responsável por cada setor da cidade e o dia de realização da coleta.

Quanto à posse de equipamentos eletroeletrônicos por domicílio, o IBGE (2010) afirma que 99,99% dos domicílios londrinenses possuem geladeira; 97,53% possui televisor; 58,49% possuem computador e 87,84% possuem celular.

A partir dessas informações, nota-se que Londrina é um município passível de implantação de um gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos da Linha Branca e, portanto, viável para ser utilizado como estudo de caso.

#### 4.2 RESÍDUOS CONSIDERADOS

Devido à grande diversidade de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, essa pesquisa não abrangeu todos esses itens, tendo como

foco principal os seguintes equipamentos da Linha Branca: refrigeradores, freezers, aparelhos de ar condicionado, fogões e máquinas de lavar roupa.

Outros resíduos da Linha Branca, como as máquinas de lavar e secar louça e as máquinas de secar roupa, não estão incluídos nesta pesquisa pelo fato de não serem bens duráveis pertencentes em grande quantidade da população brasileira, com ausência de informações sobre a porcentagem da população que possui esses equipamentos.

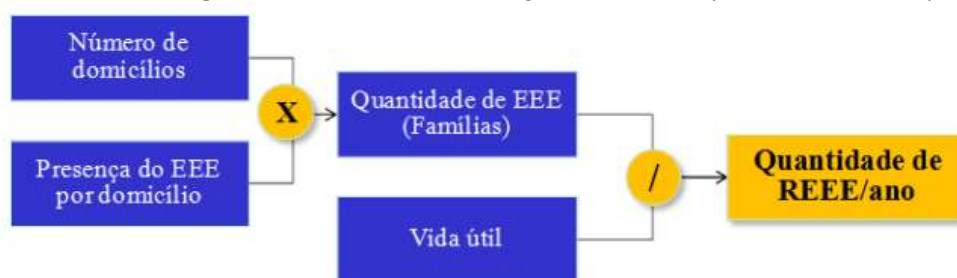
#### 4.3 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE REEE DA LINHA BRANCA EM LONDRINA

Devido à escassez de dados sobre resíduos de equipamentos eletroeletrônicos da Linha Branca para o município de Londrina-PR, a metodologia utilizada para o desenvolvimento desse trabalho foi adaptada de Franco; Lange (2011) e da ABDI (2013).

Essa metodologia é denominada pela ABDI (2013) como "Método do Consumo e Uso" e a vantagem de sua utilização é poder estimar o volume de REEE sem considerar o volume de vendas de Equipamentos Eletroeletrônicos, dado esse não disponível para o município de Londrina – PR.

Na Figura 9 apresenta-se um esquema da metodologia apresentada.

**Figura 9** - Modelo de Geração de REEE (Consumo e Uso)



Fonte: ABDI, 2013

Para estimar o fluxo de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos da Linha Branca no município de Londrina, foram utilizados, para fogões, máquinas de lavar, refrigeradores e freezers, os dados da Política Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), elaborado pelo IBGE, no ano de 2013. Já para o caso dos aparelhos de ar condicionado, sabe-se que esse é um equipamento ainda pouco consumido pela população brasileira, assim como os freezers.

Sendo assim, por não haver dados concretos disponíveis sobre sua posse, admitiu-se que a porcentagem de domicílios que possui esse bem é equivalente à porcentagem que possui freezers. Esses dados são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 - Porcentagem de domicílios por posse de bens em Londrina – PR em 2013**

<b>Equipamento</b>	<b>Domicílios com Posse de Bens</b>
<b>Refrigerador</b>	97,03% <sup>1</sup>
<b>Freezer</b>	16,9% <sup>1</sup>
<b>Aparelho de Ar Condicionado</b>	16,9%
<b>Fogão</b>	98,8% <sup>1</sup>
<b>Máquina de Lavar</b>	58,3% <sup>1</sup>

Fonte: <sup>1</sup>IBGE, 2013

Quanto à população londrinense, foram utilizadas informações estimadas pelo IBGE para 2014, que é de 543.003 habitantes. Já quanto à quantidade de domicílios particulares permanentes, o valor total apresentado pelo IBGE no Censo de 2010 é 164.898 domicílios e a população no mesmo ano era de 506.701 habitantes.

Sendo assim, para se estimar a quantidade de domicílios no município de Londrina-PR no ano de 2014, valor não disponibilizado pelo IBGE, foi utilizada a proporção, obtendo o total de 176.712 domicílios no ano de 2014.

Quanto à relação de domicílios que possuíam, no ano de 2014, os equipamentos estudados, estabeleceu-se que essa permaneceria a mesma de 2013.

Para o cálculo sobre a geração de REEE, utilizaram-se informações sobre a vida útil dos equipamentos estudados. Para isso, uma pesquisa desenvolvida pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA, 2014), denominada "*Time Lag and Composition of Durable Goods*", que pode ser traduzida como "Tempo de Defasagem e Composição de Bens Duráveis", foi utilizada como fonte. Essa pesquisa buscou informações sobre o referido tema dos últimos cinco anos e resultou um quadro-síntese com tais dados. É importante notar que tal pesquisa alerta para o fato de muitas pessoas armazenarem equipamentos eletroeletrônicos sem uso em suas residências antes de descartá-los.

Para o desenvolvimento da estimativa do fluxo de geração de resíduos da Linha Branca em Londrina, foram adotados os valores mínimos da vida útil sugerida pela US-EPA (2014) para esses equipamentos, uma vez que deve-se considerar quadros mais extremos para a definição do modelo a ser proposto. São apresentados na Tabela 4, portanto, os valores utilizados para a vida útil desses equipamentos.

**Tabela 4 - Vida Útil dos Equipamentos Eletroeletrônicos da Linha Branca**

<b>Equipamento</b>	<b>Vida Útil (anos)</b>
<b>Refrigerador</b>	10
<b>Freezer</b>	10
<b>Aparelho de Ar Condicionado</b>	8
<b>Fogão</b>	13
<b>Máquina de Lavar</b>	9

Fonte: Adaptado de US-EPA (2014)

Além do tempo de vida útil, foi necessário conhecer o peso médio dos equipamentos em estudo. A ABDI (2013) apresentou uma tabela com o peso médio dos equipamentos eletroeletrônicos. Tais valores serão utilizados no desenvolvimento desse trabalho. No caso dos freezers e dos aparelhos de ar condicionado, foram realizados cálculos com o peso médio dos equipamentos disponíveis no mercado, conforme metodologia sugerida por Franco; Lange (2011). Isso se deu pelo fato de a ABDI (2013) não apresentar o peso médio dos freezers e, no caso dos aparelhos de ar condicionado, apresentar um valor muito baixo para aparelhos mais antigos, que ainda são os mais descartados. Sendo assim, são apresentados na Tabela 5 os valores dos pesos médios utilizados nesse trabalho.

**Tabela 5 - Peso Médio dos Equipamentos em Estudo**

<b>Equipamentos</b>	<b>Peso Médio (kg)</b>
<b>Refrigerador</b>	57,95 <sup>(1)</sup>
<b>Freezer</b>	57,95 <sup>(2)</sup>
<b>Aparelho de Ar Condicionado</b>	29,53 <sup>(3)</sup>
<b>Fogão</b>	44,29 <sup>(1)</sup>
<b>Máquina de Lavar</b>	36,51 <sup>(1)</sup>

Fonte: <sup>(1)</sup>ABDI, 2013; <sup>(2)</sup> peso considerado o mesmo que de um refrigerador; <sup>(3)</sup>média dos pesos

calculada a partir de pesquisa das fichas técnicas dos produtos

Com os dados apresentados e a fim de obter a estimativa da quantidade total de resíduos gerados (em toneladas), utilizou-se, portanto, a Equação 1:

$$\text{REEE gerados (toneladas)} = n^{\circ} \text{ de aparelhos (milhões)} \times \text{peso médio (kg)} \times 1000 \quad (1)$$

Uma vez que os dados não indicam quando os equipamentos foram comprados e considerando que a geração de REEE possui o mesmo comportamento ao longo dos anos, foi utilizada a Equação 2 para a obtenção da estimativa da quantidade de resíduos gerados por ano (toneladas.ano<sup>-1</sup>):

$$\text{REEE gerados (toneladas.ano}^{-1}\text{)} = \text{REEE gerados (toneladas)} \div \text{vida útil (anos)} \quad (2)$$

A partir da média dos números obtidos, estimou-se a quantidade de resíduos de equipamentos gerados no município de Londrina.

#### 4.4 DESMONTAGEM DE EQUIPAMENTOS

As desmontagens dos equipamentos tiveram como objetivo principal estudar como tais processos ocorreriam, verificando o tempo gasto, ferramentas, pessoal, entre outros pontos importantes para a elaboração do modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para o município de Londrina – PR.

Foram desmontados e caracterizados um refrigerador, um fogão e uma máquina de lavar. No caso de freezers e aparelhos de ar condicionado não foi realizada a desmontagem, pois esses equipamentos, assim como os refrigeradores, funcionam como sistemas de refrigeração e possuem, portanto, materiais semelhantes.

No caso dos refrigeradores, desmontou-se um aparelho da marca White-Westinghouse, 4.1 Superfreezer Autodefrost, modelo RW415F, fabricante Climax (atual Electrolux), doada pela Universidade Estadual de Londrina para o desenvolvimento do trabalho. Essa desmontagem ocorreu com o auxílio de funcionários do departamento de Engenharia Elétrica, representado pelo técnico em eletrônica, que forneceu suporte técnico e ferramentas, e de um

mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento (ENGES).

Já no caso do fogão, desmontou-se um aparelho de quatro bocas da marca Dako, modelo 64801 (Fogão Magister), adquirido em um ferro-velho do município de Cambará - PR. Seu peso inicial foi de 34 quilogramas (Figura 13). Para essa atividade, contou-se apenas com a ajuda de um mestrando do ENGES.

Desmontou-se, ainda, uma Máquina de Lavar com capacidade de 15,1 kg da marca General Electric (GE), uma marca americana com fabricação no Brasil. Essa máquina de lavar foi obtida junto a uma assistência técnica do município de Cambará(PR) e apresentou um peso inicial de 50,5 kg.

Nos três casos não havia um laboratório específico para a realização das atividades, sendo as mesmas realizadas em um ambiente aberto e de forma mecânica.

Entre as ferramentas utilizadas para a desmontagem do refrigerador estão: espátulas, martelo, chave de fenda, chave Phillips, alicates, serra e enxada (para auxiliar na retirada da espuma).

Para a desmontagem do fogão utilizou-se as seguintes ferramentas: martelo, chave de fenda, chave Phillips e alicates. Por fim, para a desmontagem da máquina de lavar as ferramentas utilizadas foram: martelo, chave de fenda, chave phillips, alicates, chave Allen abaulada tipo canivete e pé de cabra.

Após a desmontagem, os materiais foram separados, classificados (plástico, vidro, PU, borracha, ferro, PCI, fiação elétrica, ímã e motor) e, então, pesados.

Posteriormente à pesagem, realizou-se o cálculo da porcentagem correspondente de cada tipo de material nos equipamentos em estudo.

#### 4.5 LEVANTAMENTO DE ALTERNATIVAS DE PROCESSAMENTO FINAL

A fim de se conhecer as melhores alternativas para processamento e disposição final dos resíduos da Linha Branca, foi realizado um levantamento dos processamentos considerados adequados e viáveis.

Durante o processo, considerou-se não apenas as tecnologias aplicadas, mas, também, os seus custos e os impactos ambientais envolvidos.

Esse levantamento foi realizado de acordo com o tipo de equipamento, sendo dividido, portanto, da seguinte forma:

- Refrigeradores, freezers e aparelhos de ar condicionado;
- Máquinas de lavar roupa;
- Fogões.

Inicialmente, foram realizadas reuniões com a CMTU para conhecimento dos projetos voltados para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em Londrina. Esses contatos foram fundamentais para que se estabelecesse uma configuração passível de implantação no município.

Posteriormente, realizou-se uma visita à ONG E-Lixo, no município de Londrina, com o intuito de se verificar quais os tipos de materiais são processados por eles e se o processo estava de acordo com o previsto na Norma ABNT 16.156:2013.

Foram realizados, ainda, contatos telefônicos e visitas a Assistências Técnicas, cooperativas e a um ferro-velho de grande porte responsável pela maior parte da destinação desses materiais. Nessas visitas foram identificados os problemas relativos à reciclagem de REEE da Linha Branca em Londrina.

Realizaram-se contatos telefônicos com a ABREE (Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos), a fim de se conhecer tecnologias adequadas para o processamento dos materiais em estudo. Realizou-se visita *in loco* na empresa sugerida pela ABREE, a qual foi considerada apropriada ao desenvolvimento do projeto de reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos da linha branca do município de Londrina para o caso de refrigeradores, freezers e aparelhos de ar condicionado (Indústria Fox – Cabreúva-SP). Tal visita permitiu que se conhecesse melhor o funcionamento das suas atividades. Nesta visita foram levantados, ainda, os valores a serem pagos no processamento desses equipamentos.

#### 4.6 ELABORAÇÃO DE FLUXOGRAMA DO PROCESSO

A fim de melhor explicitar como se dará o processo de gestão e gerenciamento de REEE da Linha Branca no município de Londrina, foi elaborado um fluxograma que ilustra seu funcionamento. Nesse fluxograma estão representados os agentes, suas funções e os trajetos pelos quais os resíduos deverão seguir.

O fluxograma do processo demonstra, portanto, o fluxo das operações de entrada, processamento e saída dos REEE da Linha Branca de maneira clara, facilitando a compreensão do sistema de implantação da reciclagem dos resíduos em questão.

Para a geração desse fluxograma utilizou-se o software Cmap Tools, um programa desenvolvido por um instituto de pesquisa associada às universidades da Flórida (EUA) denominado *Institute for Human and Machine Cognition* (IHMC).

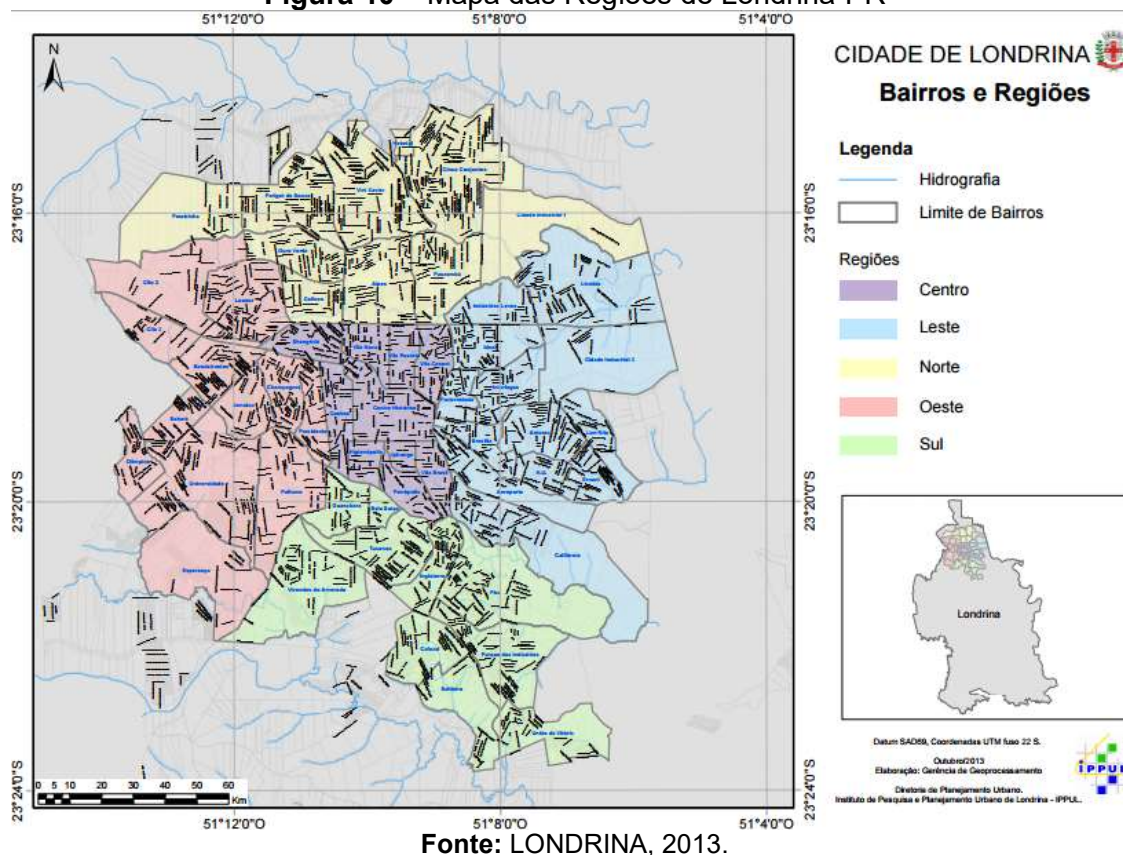
#### 4.7 PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA EM LONDRINA – PR

Para o recebimento equipamentos da Linha Branca, alguns Pontos de Entrega Voluntária (PEV) deverão ser implantados no município de Londrina – PR.

Em contato com a CMTU, soube-se que existe a previsão de implantação de 20 PEVs responsáveis pela coleta de diversos tipos de materiais recicláveis, como resíduos de poda, móveis, e REEE em Londrina, sendo quatro PEVs por região da cidade.

No entanto, para calcular a quantidade de Pontos de Entrega Voluntária voltados exclusivamente para REEE da Linha Branca, adotou-se como critério que deverá haver aproximadamente um PEV para cada 100.000 habitantes. Essa quantidade foi determinada a fim de viabilizar o cálculo para a implantação do Sistema de Logística Reversa de REEE da Linha Branca no município de Londrina. Tais PEVs serão distribuídos pelo município de Londrina pelas cinco regiões da cidade (Figura 10).

**Figura 10 – Mapa das Regiões de Londrina-PR**



Uma planta dos PEVs foi elaborada no *software* Autocad. Tal planta foi estabelecida a fim de determinar sua metragem, áreas necessárias e demais características com os quais os PEVs deverão contar.

#### 4.8 CENTRO DE TRIAGEM E RECICLAGEM DE REEE EM LONDRINA – PR

Nesse trabalho, para o tratamento e destinação dos resíduos de Linha Branca em Londrina, sugeriu-se a implantação de um Centro de Triagem e Reciclagem voltado exclusivamente para os REEE da Linha Branca.

Este Centro será único e para ele serão encaminhados todos os resíduos coletados nos PEVs. Sendo assim, terá a função de realizar a triagem, expedição para as recicladoras quando for o caso, doação e/ou reciclagem no próprio local. Além disso, será responsável por encaminhar os rejeitos para o seu destino final adequado.

Assim como no caso dos PEVs, elaborou-se uma planta no *software* AutoCad, para a determinação de suas configurações e metragens.

#### 4.9 RASTREABILIDADE

A fim de estabelecer um esquema e funcionamento adequado de rastreabilidade de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no município de Londrina-PR, elaborou-se um modelo de Termo de Doação a ser entregue aos cidadãos no momento em que esses encaminharem seus REEE da linha branca a um dos PEVs localizados no município de Londrina. Esse certificado garantirá que o processo (encaminhamento dos resíduos, reciclagem e destinação final) será realizado de maneira ambientalmente correta e comprovará a participação efetiva do cidadão nesse processo.

#### 4.10 DEFINIÇÃO DE RESPONSABILIDADES

A definição de responsabilidades é fundamental e seguiu o recomendado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei N° 12.305/2010). Para facilitar a compreensão de como as responsabilidades foram definidas para a Estratégia de Implantação do Sistema de Logística Reversa de REEE da Linha Branca em Londrina, elaborou-se um quadro explicativo com os atores e suas respectivas funções dentro do sistema.

#### 4.11 ESTIMATIVA PRELIMINAR DE CUSTOS

Qualquer avaliação de custos para uma obra civil é feita com base em um projeto executivo. Não é o caso deste trabalho. O que foi elaborado para as finalidades desta dissertação é uma estimativa preliminar para se conhecer a ordem de valor para implantação de um sistema de logística reversa

Inicialmente, estimou-se o investimento inicial necessário para a implantação do Sistema de Logística Reversa de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos da Linha Branca no município de Londrina, considerando para isso custos relativos aos valores dos terrenos, instalações físicas, equipamentos e móveis, estimados a partir de pesquisas de mercado.

Para o cálculo relativo aos custos das obras, foram utilizados os Custos Unitários Básicos de Construção (CUB), regulamentados pela norma ABNT NBR 12.271:2006 e divulgados para o mês de Julho de 2015 pelo Sinduscon-

PR, que determinou o CUB para galpões em R\$ 654,66/m<sup>2</sup>. Esse valor já inclui os custos com materiais, mão de obra e equipamentos necessários para a execução da obra.

Definido o investimento inicial, foram estimados os custos fixos decorrentes do funcionamento do sistema, que inclui os custos de seguros, cursos para treinamentos de funcionários, equipamentos de proteção individual (EPI), alarme e mão de obra (funcionários).

Realizou-se, ainda, a estimativa dos custos variáveis, que são: manutenção, insumos (material de escritório e material limpeza), luz, água, telefone e internet. Para o cálculo dos gastos com energia elétrica, utilizou-se o Simulador de Consumo de Energia Elétrica desenvolvido pela Copel e disponível no seu *website* (COPEL, 2015).

Para o levantamento dos valores de venda dos materiais recicláveis (sucata, plástico, PCI) e dos valores para a disposição final dos rejeitos (vidro, lã de vidro, fiação elétrica) de máquinas de lavar e fogões, foram realizados contatos telefônicos com as seguintes empresas: Kurica Ambiental, Gerdau, Alcaplas, Vertas e Lorene. Essas empresas foram selecionadas pelo fato de fornecerem comprovantes de que suas atividades são ambientalmente corretas e possuírem credibilidade no mercado.

Considerou-se, ainda, que cada PEV e o Centro de Triagem e Reciclagem de REEE da Linha Branca terão uma vida útil de 20 anos, o que fez com que se estimasse o custo de implantação por equipamento, de acordo com a Equação 3, onde *CIE* é igual a *Custo de Implantação por Equipamento*.

$$CIE = \frac{\left[ \frac{\text{Custo de implantação dos PEVs} + \text{Custo de implantação do Centro}}{20 \times 12} \right]}{\text{Número de equipamentos por mês}} \quad (3)$$

Já para o cálculo do *Custo de Operação por Equipamento (COE)*, foram considerados os custos de operação dos PEVs e o custo de Operação do Centro, dividindo-os pelo número de equipamentos por mês, conforme a Equação 4.

$$COE = \frac{\text{Custo de operação dos PEVs} + \text{Custo de operação do Centro}}{\text{Número de equipamentos por mês}} \quad (4)$$

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE REEE DA LINHA BRANCA EM LONDRINA

Com as informações apresentadas na metodologia e aplicadas nas equações para estimativa de geração de REEE da Linha Branca, obteve-se a Tabela 6 como resultado.

**Tabela 6** – Geração de REEE da Linha Branca em Londrina-PR

Equipamentos	Vida útil (anos) <sup>1</sup>	Peso Médio (kg) <sup>2</sup>	Relação de domicílios (%) <sup>3</sup>	Número de aparelhos (milhões) <sup>4</sup>	REEE gerados (ton)	Ano provável de fim da vida útil)	REEE gerados ton/ano
Refrigerador	10	57,95	97,03	0,171	9.936	2024	994
Freezer	10	57,95	16,9	0,030	1.731	2024	173
Aparelho de Ar Condicionado	8	29,53	16,9	0,030	882	2022	110
Fogão	13	44,29	98,8	0,175	7.733	2027	595
Máquina de Lavar	9	36,51	58,3	0,103	3.761	2023	418
<b>TOTAL</b>							<b>2290</b>

Fonte:<sup>1</sup>Adaptado de US-EPA, 2014; <sup>2</sup>Adaptado ABDI, 2013; <sup>3</sup> Adaptado de IBGE, 2013; <sup>4</sup>em relação ao total de domicílios estimado para Londrina no ano de 2014, 176.712 domicílios.

Uma vez que os dados do IBGE consideram apenas a ausência ou presença dos equipamentos eletroeletrônicos nos domicílios (um por domicílio), concluiu-se que esses valores mostram-se pertinentes para os equipamentos em estudo, apesar de algumas residências possuírem mais de um desses equipamentos. Considerando, então, a heterogeneidade entre os equipamentos eletroeletrônicos, percebe-se que as estimativas geradas a partir de dados do IBGE encaixam-se para os equipamentos estudados pelo fato de serem produtos domiciliares.

Para uso na elaboração do modelo de gerenciamento de REEE da Linha Branca em Londrina, tais dados serão utilizados em toneladas/mês e, dessa forma, tais valores serão: refrigeradores – 83 ton/mês; freezers – 14 ton/mês; aparelhos de ar condicionado – 9 ton/mês; fogões – 50 ton/mês; máquinas de lavar roupa – 35 ton/mês. Dessa forma, estima-se que o município de Londrina gere um total de 198 toneladas de REEE da Linha Branca por mês.

A partir dessas informações, a quantidade de equipamentos eletroeletrônicos da Linha Branca previstos para serem descartados no município de Londrina por mês é de 3.062, sendo: refrigeradores – 1429 unidades; freezers – 249 unidades; ar condicionado – 311 unidades; fogões – 119 unidades; máquina de lavar – 954 unidades.

## 5.2 DESMONTAGEM

### 5.2.1 Desmontagem de refrigerador

A primeira etapa do processo foi a desmontagem propriamente dita da geladeira, onde foram retiradas as portas, o compressor, o condensador, o evaporador e, por fim, a espuma (PU).

A desmontagem do refrigerador foi realizada por três pessoas e demorou cerca de 2 horas e 20 minutos. Constatou-se, durante esta etapa, que esse é um processo delicado devido à presença de materiais contaminantes contidos na espuma (poliuretano).

Uma vez que o refrigerador foi desmontado, foi realizada a classificação e separação por tipo de materiais presentes. Essa etapa é fundamental quando se tem como objetivo a reciclagem, uma vez que cada tipo de material terá um destino. Entre os materiais encontrados estão plástico duro, borracha, ferro, cobre, ímã, fiação elétrica e espuma.

Por fim, realizou-se a pesagem de cada tipo de material para verificar suas porcentagens, obtendo a Tabela 7 como resultado.

**Tabela 7 – Pesos e Porcentagens dos Materiais Presentes no Refrigerador**

<b>MATERIAL</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>PORCENTAGEM</b>
<b>Fiação elétrica</b>	0,220	0,34%
<b>Cobre</b>	0,275	0,42%
<b>Ímã</b>	0,445	0,68%
<b>Borracha</b>	0,550	0,84%
<b>Espuma (P. U.)</b>	6,900	10,57%
<b>Plástico Duro</b>	8,055	12,34%
<b>Motor</b>	10,270	15,74%
<b>Aço</b>	38,540	59,06%
<b>TOTAL</b>	<b>65,255</b>	<b>100%</b>

Fonte: A autora.

No desenvolvimento desse trabalho, não se realizou a desmontagem do motor, pois como este estava funcionando, considerou-se que ele poderia ser vendido completo por um preço mais elevado do que se fosse desmontado.

É importante ressaltar que, a espuma de poliuretano presente no refrigerador, apesar de corresponder a apenas 10,57% do peso, gerou um grande volume de material quando retirada do refrigerador, isso devido à sua densidade.

Considerando a grande dificuldade em desmontar a geladeira devido à falta de equipamentos e técnicas adequadas, bem como à grande quantidade de espuma de PU presente no resíduo, torna-se inviável técnica, econômica e ambientalmente a desmontagem de refrigeradores no município de Londrina, uma vez que se gastaria muito tempo para desmontá-los e tal desmontagem não se daria da forma ideal, sendo necessário o encaminhamento desses resíduos para empresas especializadas no seu processamento.

### 5.2.2 Desmontagem de fogão

A primeira etapa da desmontagem do fogão foi a retirada das partes do fogão: tampa de vidro, porta do forno, botões, grelhas, bocas de gás, fiação elétrica.

Na segunda etapa, foram retiradas as paredes externas e as paredes do forno (Figura 11). Retirou-se, ainda, a parte responsável pela passagem do gás no fogão.

**Figura 11** – Retirada das Paredes Externas e das Paredes do Forno do Fogão Desmontado



Fonte: A autora.

O tempo utilizado para desmontagem do fogão foi de aproximadamente 1 hora e 5 minutos. Durante esse processo, a maior dificuldade encontrada foi o fato de que havia muitos rebites e não havia ferramentas específicas disponíveis para sua retirada. Por esse motivo, os rebites foram retirados com o auxílio de chaves de fenda, martelo e talhadeira, o que implicou num maior uso de força física e fez com que o processo demorasse mais do que seria normal com o uso dos equipamentos adequados (furadeira e esmerilhadeira).

Por fim, uma vez que o fogão encontrava-se completamente desmontado, foi realizada a classificação e separação dos materiais (Figura 12) e, então, sua pesagem. Tais etapas são consideradas as principais para o desenvolvimento do trabalho, pois são elas que determinam quais as porcentagens de cada material presente no fogão.

**Figura 12** – Amostra dos Materiais do Fogão já Classificados e Prontos para Pesagem



**Fonte:** A autora.

Na Tabela 8 apresentam-se os materiais encontrados, seus respectivos pesos e porcentagens.

**Tabela 8** – Pesos e Porcentagens dos Materiais Presentes no Fogão

<b>MATERIAL</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>PORCENTAGEM</b>
<b>Alumínio</b>	0,1	0,30%
<b>Borracha</b>	0,1	0,30%
<b>Fiação Elétrica</b>	0,2	0,60%
<b>Plástico</b>	0,3	0,90%
<b>Latão</b>	0,8	2,40%
<b>Vidro Temperado</b>	4,1	12,31%
<b>Lã de vidro</b>	4,9	14,72%
<b>Ferro</b>	22,8	68,47%
<b>TOTAL</b>	<b>33,3</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** A autora.

É importante ressaltar que as condições de execução dessa desmontagem não foram ideais devido a algumas dificuldades encontradas. No entanto, os resultados podem ser considerados como base para o gerenciamento de fogões após o fim de sua vida útil.

Notou-se que o processo de desmontagem do fogão pode ser facilmente realizado por pessoal treinado, uma vez que este contém apenas a lâ de vidro, que pode implicar em uma contaminação, mas essa pode ser retirada de maneira simples. Além disso, o fato de o fogão ser composto principalmente por ferro faz com que ele possua valor agregado. Tais fatores tornam sua reciclagem viável ambiental e economicamente para que seja realizada no município de Londrina.

### 5.2.3 Desmontagem de máquina de lavar

Assim como no caso do refrigerador e do fogão, a primeira etapa foi a desmontagem propriamente dita da máquina de lavar. Essa desmontagem iniciou-se com a retirada da tampa superior, dos painéis elétricos e de suas fiações (Figura 13). Após a retirada desses componentes, iniciou-se a retirada da parte externa da máquina de lavar, a chamada lataria, e das mangueiras. A partir desse momento, retirou-se o cesto, o suporte do cesto, o tubo de centrifugação e, por fim, o motor (Figura 14).

**Figura 13** – Retirada da Tampa Superior da Máquina de Lavar e de suas Partes Elétricas



**Fonte:** A autora.

**Figura 14 – Retirada do Cesto da Máquina de Lavar**

**Fonte:** A autora.

As ferramentas utilizadas nessa atividade não foram consideradas ideais, mas foram suficientes para que se obtivesse o resultado desejado, apesar de isso ter feito com que o processo demorasse mais tempo, totalizando 2 horas e 5 minutos.

A etapa considerada mais complexa no processo de desmontagem da máquina de lavar roupas foi a separação do cesto, do tubo de centrifugação e do motor, pois as ferramentas não eram adequadas, o que fez com que se buscasse o uso de ferramenta alternativa (pé de cabra) que resultasse na sua separação. Apesar da dificuldade, o resultado foi devidamente atingido.

Uma vez que a máquina de lavar foi desmontada, realizou-se a separação e a classificação dos seus materiais. A terceira e última etapa desse processo foi a pesagem desses materiais previamente classificados.

Como resultado do processo de desmontagem da máquina de lavar, foi gerada a Tabela 9, que apresenta os pesos dos materiais encontrados e suas respectivas porcentagens.

**Tabela 9 – Pesos e Porcentagens dos Materiais presentes na Máquina de Lavar**

<b>MATERIAL</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>PORCENTAGEM</b>
<b>Borracha</b>	0,05	0,10%
<b>PCI</b>	0,27	0,55%
<b>Fiação Elétrica</b>	0,70	1,43%
<b>Vidro Temperado</b>	1,30	2,66%
<b>Motor Elétrico</b>	10,60	21,67%
<b>Plástico</b>	15,70	32,09%
<b>Ferro</b>	20,30	41,50%
<b>TOTAL</b>	<b>48,92</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** A autora.

Considerando os valores encontrados para os pesos dos materiais, percebe-se que esse totalizou 48,92 kg, resultando numa diferença de 1,08 kg entre o peso inicial e final, que pode ser justificado pela perda de material plástico no processo de desmontagem.

### 5.3 LEVANTAMENTO DE ALTERNATIVAS DE PROCESSAMENTO FINAL

#### 5.3.1 Refrigeradores, Freezers e Aparelhos De Ar Condicionado

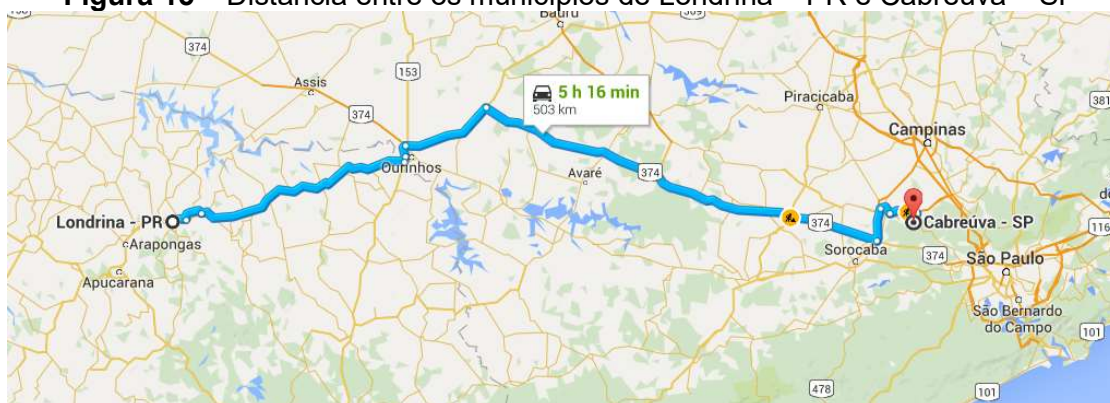
Com a realização das visitas na CMTU, ONG E-Lixo, assistências técnicas e ferros-velhos, diagnosticou-se que o município de Londrina não conta com alternativas de reciclagem para refrigeradores, freezers e aparelhos de ar condicionado. Durante a realização dos levantamentos em campo, notou-se que muitos desses equipamentos são dispostos em locais inadequados, o que promove a contaminação de compartimentos ambientais (ar, solo, água), além de servir como abrigo para vetores, o que pode implicar em problemas à saúde. Além disso, em Londrina não é realizado um tratamento específico para o gás contido nesses equipamentos e, apesar de haver legislação que proíba sua liberação ao ar livre, tal comportamento é comumente notado nas empresas que trabalham com esse tipo de equipamento.

A partir dessas constatações e do fato de a desmontagem desses equipamentos de maneira mecânica ser inviável ambiental, técnica e economicamente, foi realizado contato telefônico com a ABREE - Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos para conhecer o melhor procedimento a ser realizado nesses casos.

Soube-se, por esse contato, que, no Brasil, apenas duas empresas realizam a reciclagem ambientalmente correta desses equipamentos. Sendo assim, como alternativa para a disposição final de refrigeradores, freezers e aparelhos de ar condicionado encontrou-se o encaminhamento desses resíduos para a Indústria Fox, por ser mais próxima do município de Londrina, sendo localizada no município de Cabreúva, Estado de São Paulo. O município de Cabreúva está localizado a 503 km do município de Londrina - PR (Figura 15).

A Indústria Fox é uma empresa recicladora de refrigeradores e freezers fundada em 2009. Ela foi a primeira indústria a realizar esse tipo de atividade na América do Sul. Segundo a Indústria Fox (2015), a empresa tem como foco "a proteção climática com a redução de emissões de gases do efeito estufa decorrentes do gerenciamento inadequado do fim do ciclo útil de aparelhos de refrigeração".

**Figura 15** – Distância entre os municípios de Londrina – PR e Cabreúva – SP



Fonte: Google Maps, 2015.

Ela é uma empresa operadora do projeto pioneiro da Iniciativa Suíça de Proteção Climática (SCPI) e, por isso, é financiada com recursos da Fundação *Fair Recycling* e da Agência Suíça para o Desenvolvimento e Cooperação Econômica (INDÚSTRIA FOX, 2015).

A Indústria Fox realiza a reciclagem de refrigeradores, freezers e aparelhos de ar-condicionado em três fases. A fase 1 corresponde à etapa de sucção do óleo e gás presentes no compressor, bem como à pré-desmontagem manual dos equipamentos; a fase 2 corresponde à moagem e trituração e separação dos materiais desses equipamentos (ferro, plástico, alumínio, cobre...); por fim, a fase 3 corresponde ao tratamento dos gases, transformando o gás com CFC num ácido e, assim, evitando a contaminação ambiental da atmosfera (não houve registros fotográficos da fase 3, pois a empresa pediu sigilo).

O processamento realizado pela Indústria Fox (Fases 1 e 2) encontra-se de acordo com a norma ABNT NBR 15.833/2010, que trata da Manufatura Reversa para Aparelhos de Refrigeração. Já a Fase 3 não encontra-se regulamentada e constitui-se de tecnologia desenvolvida pela própria empresa

e, portanto, não há registros disponíveis que expliquem sua execução. Segundo a própria empresa, a eficiência da Fase 3 é comprovada através de testes realizados na saída dos gases, que devem ser adequados aos padrões de emissões atmosféricas.

Segundo os funcionários, grandes concessionárias de energia elétrica estão entre os principais clientes da Indústria Fox, uma vez que essas concessionárias promovem programas de eficiência energética, visando à troca de equipamentos de refrigeradores antigos de cidadãos mais carentes por novos.

**Figura 16** – Remoção de Óleo e Gás Presentes nos Refrigeradores (Fase 1) – Indústria Fox



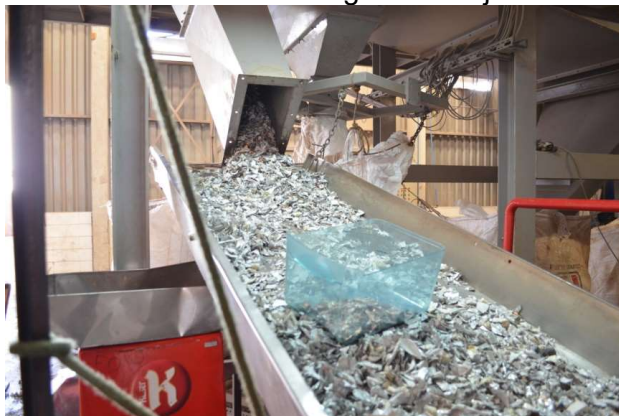
**Fonte:** A autora.

**Figura 17** – Fase 1 de Reciclagem da Indústria Fox Vista do Alto



**Fonte:** A autora.

**Figura 18** – Parte Metálica dos Refrigeradores já Triturados (Fase 2)



Fonte: A autora.

**Figura 19** – Amostra do Pellet de PU Produzido como Resultado Final na Indústria Fox (Fase 2)



Fonte: A autora.

Ressalta-se que a Indústria Fox realiza a rastreabilidade de seus resíduos e entrega documentos comprobatórios de reciclagem ambientalmente correta àqueles que colocam REEE da Linha Branca sob sua responsabilidade. Isso mostra que a empresa encontra-se adequada ao exigido pela Norma ABNT NBR 16156:2013.

Sendo assim, estabeleceu-se que os resíduos de refrigeradores, freezers e ar condicionado do município de Londrina deverão ser encaminhados pelos cidadãos aos PEVs (Pontos de Entrega Voluntária). Posteriormente, esses resíduos dos PEVs serão encaminhados a um Centro de Triagem e Reciclagem, onde passarão por um processo de triagem. Os resíduos que ainda estiverem em condições de uso serão doados e os que não estiverem serão armazenados até que se atinja um número que preencha a

capacidade total de um caminhão para envio à Indústria Fox, onde passarão pelo processamento.

### 5.3.2 Fogões

Foi realizado um levantamento acerca dos principais tratamentos existentes para fogões descartados no município de Londrina - PR e notou-se que o município não dispõe de um tratamento adequado para esse tipo de resíduo. Atualmente, os fogões fora de uso são doados, descartados em locais inadequados ou encaminhados para ferros-velhos do município. Quando em ferro-velho, os fogões são totalmente prensados, inclusive com os vidros temperados, que não são recicláveis, e, então, encaminhados para empresas recicladoras.

Apesar de serem encaminhados para a reciclagem, essa forma de descarte não fornece uma garantia de que os materiais não utilizados (rejeito) por esse tipo de empreendimento possuam uma destinação ambiental adequada. Isso faz com que o processo não esteja de acordo com a Norma ABNT NBR 16156:2013, que afirma que deve ser realizada a rastreabilidade desse tipo de resíduo. Além disso, mesmo que encaminhados aos ferros-velhos, os resíduos de fogões ficam armazenados ao ar livre, expostos, assim, às adversidades climáticas (sol, vento, chuva), o que pode resultar em impactos ambientais e à saúde (presença de vetores, poluição visual, poluição sonora, impactos de vizinhança, desvalorização imobiliária, entre outros).

Notou-se, portanto, a necessidade do município de Londrina possuir algum tipo de reciclagem e tratamento dos fogões descartados no próprio município, garantindo, dessa forma a redução de impactos ambientais resultantes do seu descarte inadequado. Considerando essa necessidade e o fato de que a desmontagem dos fogões não é uma atividade considerada complexa, surge como alternativa o processamento desses fogões em local adequado para esse tipo de atividade, que será denominado Centro de Triagem e Reciclagem de REEE.

Nesse Centro, os fogões passarão, inicialmente, por uma triagem e, então, por um processo de desmontagem, a ser realizado por profissionais treinados, e terão seus materiais classificados e separados. Uma vez que se

possua uma quantidade considerada suficiente, tais materiais serão encaminhados para recicladores parceiros, o que gerará um retorno financeiro para a manutenção do Centro de Triagem e Reciclagem e tornará o processo ambientalmente adequado, visto que ele todo deverá ser passível de rastreabilidade.

Um grande problema observado no caso dos fogões é a presença da lã de vidro. Esse material, por suas propriedades físicas e químicas, é utilizado para que seja realizado o isolamento térmico do forno e possui como característica o fato de ser não inerte e não perigoso, devendo ser descartado em aterros industriais classe II. Dessa forma, observa-se que o fabricante deve se responsabilizar pelo destino final dos materiais utilizados na fabricação de seus produtos ou então pensar em utilizar alternativas, uma vez que seu descarte gera um alto custo para o sistema.

Outro fator importante a ser ressaltado nesse tópico, é que os metais presentes nos fogões sejam encaminhados diretamente à Gerdau como Sucata Mista/Chaparia, não sendo necessária, portanto, a classificação dos metais quanto aos seus tipos, uma vez que essa empresa realiza o devido processamento.

### 5.3.3 Máquinas de Lavar

No município de Londrina - PR, o caso das máquinas de lavar encontra-se em situação semelhante a dos fogões. Não há, atualmente, um tratamento adequado para esse tipo de resíduo, sendo estes doados, descartados em locais inadequados e em ferros-velhos.

Quando encaminhados aos ferros-velhos, os plásticos e vidros são retirados anteriormente e, então, o ferro (e com ele o motor) é prensado e encaminhado para empresas responsáveis pela compra desse material e posterior reciclagem.

Apesar da realização desse tipo de serviço, o grande problema percebido nesse processo já existente no município de Londrina-PR é que os ferros-velhos funcionam como atravessadores e não fornecem nenhuma garantia de que esse processo está sendo realizado de maneira ambientalmente correta. Além disso, muitas vezes os resíduos são dispostos a

céu aberto, o que causa poluição visual além de facilitar a presença de vetores de doenças, como é o caso do *Aedes aegypti* (mosquito da dengue), que se reproduz em água parada. Outro aspecto que deve ser considerado é que existe uma movimentação muito grande de caminhões e catadores nesses locais, que muitas vezes encontram-se em pontos no meio da cidade, o que acaba interferindo na vida da população que vive ao seu redor ou mesmo afastando-a.

Sendo assim, percebe-se a necessidade de que esse processo ocorra de maneira que não cause impactos ambientais ou pelo menos tenha seus impactos reduzidos, não interferindo assim na vida da população ao seu redor.

Ressalta-se, ainda, que não foram encontrados relatos na literatura sobre formas de processamento de resíduos de máquinas de lavar realizados de maneira mais eficiente e sustentável.

Considerando, portanto, o quadro já existente no município de Londrina-PR, surge como alternativa o encaminhamento dos resíduos de máquinas de lavar, de responsabilidade dos cidadãos, para Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) a serem localizados em pontos estratégicos do município e posterior encaminhamento dos mesmos para um Centro de Triagem e Reciclagem de REEE. É importante ressaltar que os REEE devem ser armazenados em locais adequados, protegidos de intempéries.

As máquinas de lavar passarão, inicialmente, por um processo de triagem, onde serão identificadas aquelas que ainda são passíveis de utilização (essas serão encaminhadas para doação). As que não estiverem em condições de funcionamento passarão, então, por um processo de desmontagem, a ser realizado por profissionais treinados, e terão seus materiais classificados e separados em plástico, vidro e metal. Uma vez que se possua uma quantidade considerada suficiente, os metais e plásticos serão encaminhados para empresas recicladoras parceiras, o que gerará um retorno financeiro para a manutenção do Centro de Triagem e Reciclagem. Já o material que não puder ser reciclado (vidro) será considerado rejeito e deverá ter um destino ambientalmente correto (aterro sanitário). Tais medidas tornarão o processo ambientalmente adequado, visto que todo o processo deverá ser passível de rastreabilidade.

#### 5.4 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE LOGÍSTICA REVERSA DE REEE DA LINHA BRANCA

Para a o modelo de implantação do Sistema de Logística Reversa de REEE da Linha Branca no município de Londrina, utilizou-se o modelo de logística reversa de agroquímicos realizado pela Anpara (apresentado na revisão bibliográfica) como exemplo, além fundamentar-se no artigo 18 do Decreto 7.404, que afirma que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos produtos e embalagens de produtos eletroeletrônicos e seus componentes deverão estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante o retorno dos mesmos após o uso pelo consumidor (BRASIL, 2010).

Sendo assim, sugere-se que sejam distribuídos Pontos de Entrega Voluntária pela cidade, para que o cidadão que possua máquinas de lavar, fogões, refrigeradores, freezers e aparelhos de ar condicionado fora de uso em suas residências faça o seu descarte adequado nesses pontos.

Além dos Pontos de Entrega Voluntária, sugere-se que o sistema tenha como meio de recebimento dos resíduos, o Disque-Coleta. Este funcionará através de agendamentos por meio de ligações telefônicas realizadas pelos cidadãos que desejarem ter seus resíduos coletados. Uma vez agendada, um caminhão deslocar-se-á até a residência do cidadão e transportará o resíduo até o PEV mais próximo. O uso dessa ferramenta é justificado pelo fato de já ser utilizado para resíduos de grande porte em municípios como Rio de Janeiro e Porto Alegre, e ter sido obtido êxito em suas atividades.

Nos PEVs, os resíduos passarão por uma triagem e serão separados da seguinte forma: equipamentos para doação; refrigeradores, freezers e ar condicionado; máquinas de lavar; e fogões.

Já triados, um caminhão fará o transporte desses resíduos até o Centro de Triagem e Reciclagem de REEE da Linha Branca. Apresenta-se, na Figura 20, um esquema com o funcionamento da logística entre os PEVs e o Centro de Triagem e Reciclagem.

**Figura 20** – Esquema de Funcionamento da Logística entre os PEVs e o Centro de Triagem e Reciclagem de REEE



Fonte: A autora.

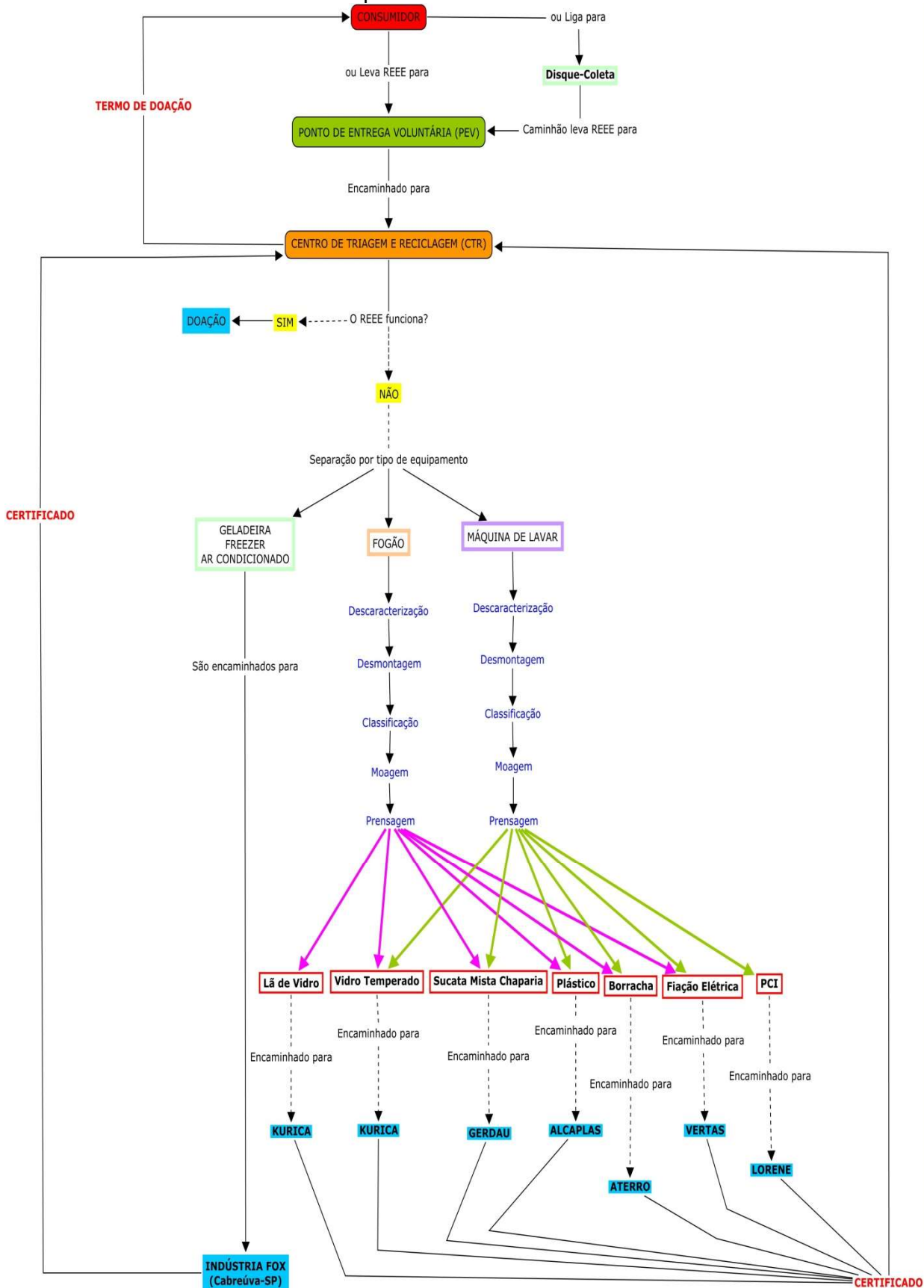
Nesse Centro, os refrigeradores, freezers e aparelhos de ar condicionado descartados e que não sejam passíveis de doação ficarão em uma baia específica até que sejam encaminhados para a Indústria Fox, onde serão reciclados.

Os materiais para doação ficarão armazenados até que a documentação para sua liberação esteja concluída. Ressalta-se que a doação não é objeto de estudo dessa dissertação e, portanto, não será aprofundado quanto a esse tópico. Apesar disso, é importante que a rastreabilidade ocorra de tal maneira que se garanta que os resíduos doados serão reinseridos no sistema de logística reversa.

Os fogões e as máquinas de lavar não passíveis de doação passarão por um processamento no Centro, sendo desmontados e tendo seus materiais devidamente separados e classificados. Uma vez separados, esses materiais irão para o processo de moagem e prensagem, quando for o caso, e, por fim, serão armazenados em uma sala de resíduos e rejeitos, até que sejam encaminhados para a reciclagem ou para a destinação ambientalmente correta.

Uma vez que o processo de reciclagem de refrigeradores, freezers, aparelhos de ar condicionado, fogões e máquinas de lavar foi definido para o município de Londrina, elaborou-se um fluxograma para ilustrar seu funcionamento. Na Figura 21, apresenta-se esse fluxograma.

**Figura 21 – Fluxograma da Estratégia Para Implantação De Um Sistema De Logística Reversa De Resíduos De Equipamentos Eletroeletrônicos Da Linha Branca no Município de Londrina-PR**



Fonte: A autora.

Como a Lei define um sistema a parte do sistema público, seria mais adequado que o modelo apresentado fosse operado por uma Associação, Organização Não governamental ou até mesmo uma empresa privada, ficando o poder público, portanto, apenas com a função de facilitador e fiscal.

Dessa forma, o financiamento poderia se dar sempre que um novo equipamento fosse vendido, de modo que a empresa responsável pela venda repassaria o valor equivalente ao sistema de logística reversa para o operador desse serviço. Sendo assim, ao emitir a nota fiscal a empresa vendedora estaria conectada ao software a ser desenvolvido, atualizando constantemente os valores repassados e, assim, através do CPF, seria possível que o sistema conseguisse prever o descarte futuro do equipamento e identificar o cidadão responsável por ele.

#### 5.4.1 Pontos De Entrega Voluntária de REEE da Linha Branca em Londrina – PR

Estimadas as quantidades e os pesos de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados em Londrina-PR e conhecidos os tratamentos finais recomendados para cada um dos equipamentos em análise (geladeiras, freezers, aparelhos de ar condicionado, fogões e máquinas de lavar), determinaram-se as configurações dos Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de REEE da Linha Branca em Londrina – PR.

Conforme apresentado na metodologia, a quantidade de PEVs foi estabelecida através da proporção de 1/100.000 habitantes. Sendo assim, considerando que o município de Londrina possui 543.003 habitantes, de acordo com esse trabalho deverão ser implantados cinco PEVs no município de Londrina.

Uma vez que o município possui cinco regiões (Centro, Norte, Sul, Leste e Oeste), fica estabelecido que os cinco PEVs serão distribuídos entre elas, correspondendo a um PEV por região.

Considerando que foram estimados 198 toneladas de REEE da Linha Branca por mês no município de Londrina, fica estabelecido que cada PEV receberá, em média 39,6 toneladas de REEE/mês. Já quanto à quantidade de equipamentos, cada PEV deverá receber por mês, aproximadamente, 613

equipamentos eletroeletrônicos, sendo: refrigeradores – 286; freezers – 50; aparelhos de ar condicionado – 62; fogões – 24; máquinas de lavar – 191.

Apesar desses números de equipamentos por mês para cada PEV, para o dimensionamento da planta dos PEVs estabeleceu-se que esses pontos deveriam possuir espaço apenas para armazenar o número de equipamentos que completassem o volume de oito caminhões do tipo baú, sendo quatro caminhões para refrigeradores, freezers e aparelhos de ar condicionado e outros quatro para fogões e máquinas de lavar. Esse modelo de caminhão foi escolhido pelas suas dimensões, uma vez faz-se necessário o tráfego por vias urbanas. Quanto à capacidade de armazenamento do PEV, essa foi determinada considerando possíveis aumentos em determinados períodos do ano e possíveis problemas no maquinário e no caminhão.

É importante enfatizar que os cálculos da quantidade de equipamentos e da área para sua disposição foram realizados a partir da proporção de equipamentos que chegarão aos PEVs, sendo esses divididos entre equipamentos a serem encaminhados à Indústria Fox e equipamentos encaminhados à desmontagem. Sendo assim, serão 398 equipamentos destinados à Indústria Fox, dos quais 72% correspondem a refrigeradores, 13% a freezers e 16% a aparelhos de ar condicionado, e 215 equipamentos destinados à desmontagem (12% correspondem a fogões e 88% a máquinas de lavar).

Dessa forma, ficou estabelecido que um PEV deverá ter capacidade de armazenar, em média, 106 refrigeradores (com dimensões médias de 0,70 x 1,70 x 0,70m), 20 freezers (0,70 x 1,70 x 0,70m), 32 aparelhos de ar condicionado (0,87 x 0,28 x 0,22m) com condensadora (0,80 x 0,55 x 0,27), 20 fogões (0,60 x 0,70 x 0,70m) e 150 máquinas de lavar (0,60 x 0,85 x 0,70m).

Sendo assim, apresenta-se no Anexo 1 a planta dos PEVs a serem implantados. Esses PEVs deverão possuir em sua configuração: espaço destinado para a entrada e saída dos REEE com acesso para caminhões; uma guarita com escritório onde serão emitidos os termos de doação e realizadas as atividades administrativas do PEV; um sanitário; um galpão onde será realizada uma triagem inicial, com baias para armazenamento dos REEE já triados; e um local para dessedentação dos animais (carroceiros).

Para a implantação de um PEV, considerou-se um terreno com área total de 1202,50 m<sup>2</sup>, sendo as áreas construídas de 33,29 m<sup>2</sup> (guarita/escritório) e 356,70 m<sup>2</sup> (galpão). O galpão foi dividido em setores pré-definidos para cada tipo de equipamento, com as seguintes áreas: espaço para triagem (82,41 m<sup>2</sup>); espaço para armazenamento de equipamentos a serem destinados para Indústria Fox (79,95 m<sup>2</sup>), espaço para armazenamento de equipamentos destinados à desmontagem (79,95 m<sup>2</sup>) e espaço para equipamentos destinados à doação (21,28 m<sup>2</sup>).

Apesar de esses setores estarem definidos, é importante notar que não estão separados por obstáculos físicos, apenas com marcações no chão, o que permite uma maior mobilidade, inclusive de carregadeiras, e, assim, maior adaptação em relação às necessidades de cada PEV.

#### 5.4.2 Centro De Triagem E Reciclagem De REEE Em Londrina - PR

Sugere-se a implantação de um único Centro de Triagem de Reciclagem de REEE, capaz de atender a toda a demanda do município de Londrina, para as atividades de triagem e reciclagem dos REEE da Linha Branca.

Para a elaboração da planta desse Centro (Anexo 2), considerou-se que deverá possuir capacidade para processamento dos REEE dos cinco PEVs. Dessa forma, o Centro deverá ter espaço para armazenamento e processamento de um total de 265 refrigeradores, 50 freezers, 80 aparelhos de ar condicionado, 50 fogões e 375 máquinas de lavar.

Apesar do cálculo dessas quantidades de equipamentos, foram utilizadas medidas que deixassem uma margem de segurança para evitar casos de superlotação do Centro de Triagem e Reciclagem.

Sendo assim, o Centro de Triagem e Reciclagem contará com um galpão de 1000 m<sup>2</sup> com a seguinte configuração: baia de armazenamento de fogões e máquinas de lavar (202,5m<sup>2</sup>); baia para armazenamento de equipamentos destinados à doação (100 m<sup>2</sup>); baia de armazenamento para equipamentos destinados à Indústria Fox (202,5 m<sup>2</sup>); baia de desmontagem de fogões e máquinas de lavar (100 m<sup>2</sup>); baia de moagem (100 m<sup>2</sup>); baia de prensagem (100 m<sup>2</sup>); baia de material já separado e destinado para reciclagem (100 m<sup>2</sup>); baia para armazenamento de rejeitos (81 m<sup>2</sup>), além de um corredor



para movimentação de empilhadeiras e funcionários. As baias do Centro serão pintadas, possibilitando uma maior flexibilidade quanto às suas áreas.

Assim como no caso dos PEVS, o Centro contará também com um espaço destinado a entrada e saída dos REEE com acesso para caminhões e uma guarita com escritório e sanitário (33,29 m<sup>2</sup>).

#### 5.4.3 Rastreabilidade

Para que o sistema de gestão dos resíduos em estudo tenha credibilidade é necessário um Sistema de Gerenciamento e Movimentação de Resíduos (SGMR), através do qual será possível gerenciar toda a documentação gerada durante o trajeto do resíduo (recebimento ou coleta, desmontagem, descaracterização, tratamento e disposição final), gerando histórico e relatórios detalhados de cada resíduo e, assim, garantindo ao gerador do resíduo e ao cliente final a segurança e a sustentabilidade do processo. Esse SGMR contará com Termos de Doação (modelo apresentado na Figura 22), que deverão ser entregues aos usuários, e com Certificados de Destinação Final, a serem entregues pelos recicladores para o Centro de Triagem e Reciclagem. Além dos Certificados, deverá ser assinado pelos recicladores, um Termo de Recebimento, a fim de que se comprovem quais os equipamentos enviados (número de rastreabilidade), garantindo, dessa forma, a idoneidade do processo.

**Figura 22** – Modelo do Termo de Doação a Ser Entregue aos Cidadãos que descartarem seus REEE nos PEVs

 		<b>TERMO DE DOAÇÃO RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS</b>		NÚMERO PARA RASTREABILIDADE	
<b>GERADOR / CLIENTE</b>					
Nome do Cliente:					
Endereço:			CEP:		
Bairro:			Município:		
UF:			CPF/CNPJ:		
<b>UNIDADE DE DESTINO</b>					
Empresa:					
Endereço:			CEP:		
Bairro:			Município:		
UF:			CNPJ:		
<b>DADOS DO RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO</b>					
Denominação:					
Marca:			Modelo:		
Quantidade /Peso (kg):			Classe:		
Embalagem:			Nota Fiscal:		
Data de Entrada:			Data de Emissão:		
ESTE CERTIFICADO ATESTA O RECEBIMENTO DO RESÍDUO NELE RELACIONADO PARA FINS DE DESTINAÇÃO E DESCARACTERIZAÇÃO NOS TERMOS ACORDADOS ENTRE AS PARTES E LEGISLAÇÃO VIGENTE.					
Data:			Responsável:		

**Fonte:** A autora.

Para que a Rastreabilidade ocorra de maneira adequada no município de Londrina-PR, deverá, portanto, ser implementado um software de Sistema de Gerenciamento e Movimentação de Resíduos (SGMR) adaptado às necessidades, através do qual haverá um controle dos REEE da linha branca. Sendo assim, a partir desse software será realizado um controle do material que entra e sai dos PEVs e do Centro de Triagem e Reciclagem.

Outro ponto importante a ser implementado é que, no momento da venda de novos equipamentos da Linha Branca, sejam fornecidas ao sistema informações referentes à nota fiscal e ao CPF do consumidor, visando um maior controle sobre a quantidade de resíduos a serem gerados e o financiamento do sistema de logística reversa, uma vez que a cada nova venda deverá ser transferido um valor pré-determinado para o ator responsável pelo processamento e reciclagem.

#### 5.4.4 Responsabilidades

Definido o sistema ideal para o funcionamento da Logística Reversa de Linha Branca no Município de Londrina, é necessário e fundamental que se definam as responsabilidades a serem assumidas por cada ator envolvido no processo.

Sendo assim, constatou-se que a alternativa considerada ideal é que o fabricante/importador arque com todas as despesas relativas à implantação e à operação do sistema de logística reversa de REEE da Linha Branca, uma vez que, pela Lei nº 12.305/2010, essa é uma responsabilidade sua. O ideal, nesse caso, seria que os fabricantes assumissem essa responsabilidade por meio de Associações, cumprindo, assim, com a sua função dentro da responsabilidade compartilhada prevista pela Política Nacional de Resíduos Sólidos e tornando o processo mais simplificado e unificado.

Dessa forma, os fabricantes teriam a função de arcar com os custos, os consumidores seriam responsáveis pelo descarte adequado, os recicladores seriam responsáveis pela realização do processo e a prefeitura de Londrina-PR, assumiria a responsabilidade pela fiscalização desse processo.

A fim de facilitar a visualização, o Quadro 5 apresenta um resumo dos atores e suas respectivas responsabilidades.

**Quadro 5** – Quadro-resumo dos Atores e suas Respectivas Responsabilidades para Implantação e Funcionamento do Sistema de Logística Reversa de REEE da Linha Branca no Município de Londrina-PR

<b>ATORES</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>
<b>Consumidores</b>	Solicitar o transporte dos REEE da Linha Branca de suas casas até os PEVs localizados no município de Londrina ou transportá-los até esses pontos.
<b>Comerciantes e Distribuidores</b>	Orientar os consumidores quanto ao descarte e à destinação adequada dos equipamentos após o fim de sua vida útil, além de participar efetivamente da rastreabilidade, fornecendo as informações sobre as vendas de novos equipamentos.
<b>Fabricantes (Associações)</b>	Financiar a implantação e o funcionamento do Sistema de Logística Reversa de REEE da Linha Branca (Lei N° 12.305/2010).
<b>Poder Público Municipal</b>	Fiscalizar o Sistema de Logística Reversa dos REEE da Linha Branca, incluindo a participação do consumidor nesse processo.
<b>Recicladores</b>	Executar a reciclagem dos materiais e destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos resultantes desse processo, dentro de uma perspectiva financeiramente autossustentável.

**Fonte:** A autora.

## 5.5 RELAÇÃO DE CUSTOS ESTIMADOS PRELIMINARMENTE

Para o desenvolvimento deste tópico, é importante ressaltar, novamente, que os custos de um empreendimento podem ser estimados de forma mais precisa após a elaboração dos projetos executivos e que, para essa dissertação, os custos foram estimados de forma preliminar para que se obtivesse um referencial econômico.

### 5.5.1 Estimativa Preliminar dos Custos Globais

Uma vez que foi realizado o levantamento relativo aos custos de implantação do Sistema de Logística Reversa de REEE da Linha Branca em Londrina, foram geradas tabelas com a relação de custos estimados preliminarmente para a implantação de um PEV (Tabela 10) e do Centro de Triagem e Reciclagem de REEE (Tabela 11).

**Tabela 10** – Relação de Custos Estimados Preliminarmente para Implantação de um PEV no Município de Londrina – PR<sup>1</sup>

CUSTOS DE INVESTIMENTO INICIAL (PEV)	QUANTIDADE POR PEV	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL (1 PEV)
Terreno	1.202,50 m <sup>2</sup>	R\$ 400,22/m <sup>2</sup>	R\$ 481.267,22
Terraplenagem	1	R\$ 4.000,00	R\$ 4.000,00
Locação da Obra	1	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
Instalação do Canteiro	1	R\$ 4.000,00	R\$ 4.000,00
Taxa de Ligação de Água	1	R\$ 196,68	R\$ 196,68
Taxa de Ligação de Esgoto	1	R\$ 215,79	R\$ 215,79
Isolamento (alambrado; 2 metros de altura)	148,10 m <sup>2</sup>	R\$ 9,12/m <sup>2</sup>	R\$ 1.350,67
Obras de Construção do PEV	389,99 m <sup>2</sup>	R\$ 654,66/m <sup>2</sup>	R\$ 255.310,85
Balança	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
Carrinho de carga	2	R\$ 100,00	R\$ 200,00
Mesas	2	R\$ 350,00	R\$ 700,00
Cadeira de Escritório	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00
Cadeiras	3	R\$ 90,00	R\$ 270,00
Microcomputador	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
Impressora Multifuncional Laser	1	R\$ 600,00	R\$ 600,00
Telefone	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Arquivos	2	R\$ 400,00	R\$ 800,00
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 755.361,21</b>

Fonte: A autora.

<sup>1</sup> Os valores apresentados na Tabela 10 foram determinados a partir de pesquisas de mercado, para efeito de cálculo dos custos estimados preliminarmente.

A partir da Tabela 10, percebe-se, portanto, que o custo para implantação de um PEV é de R\$ 755.361,21 e, portanto, para a implantação dos cinco PEVs estima-se um total de R\$ 3.776.806,05.

Quanto aos terrenos, cabe ressaltar que os preços variam conforme a região da cidade, presença ou não de asfalto, declividade, disponibilidade de energia elétrica e rede de água na região, valorização da região, além de momento do mercado. Sendo assim, a partir de contato com corretores imobiliários, estabeleceu-se o preço estimado para o metro quadrado de um terreno industrial em Londrina a partir da média dos preços dos terrenos disponíveis no mercado no dia 12 de novembro de 2015, chegando ao valor de R\$ 400,22/m<sup>2</sup>. Dessa forma, estimou-se que um terreno de 1.202,50m<sup>2</sup> custará, aproximadamente, R\$ 481.267,22.

Ressalta-se, ainda, que deverão ser inclusas nesse cálculo as taxas de impostos e de licenciamento ambiental. Estas não foram apresentadas nessa tabela, pois, segundo informado pelo IAP (Instituto Ambiental do Paraná), houve mudanças no sistema e não é mais possível realizar a simulação desses valores, uma vez que o processo é *on-line* e solicita o preenchimento de diversos formulários para depois definir o valor da taxa.

Já na Tabela 11, são mostrados os custos para implantação do Centro de Triagem e Reciclagem de REEE, obtendo um total de R\$ 2.001.959,42.

**Tabela 11 – Relação de Custos Estimados Preliminarmente para Implantação do Centro de Triagem e Reciclagem de REEE no município de Londrina-PR<sup>2</sup>**

<b>CUSTOS DE INVESTIMENTO INICIAL (CTR)</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>VALOR UNITÁRIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>Terreno</b>	2.752,93 m <sup>2</sup>	R\$ 400,22/m <sup>2</sup>	R\$ 1.101.777,65
<b>Terraplenagem</b>	1	R\$ 9.157,36	R\$ 9.157,36
<b>Locação da Obra</b>	1	R\$ 6.868,02	R\$ 6.868,02
<b>Instalação do Canteiro</b>	1	R\$ 9.157,36	R\$ 9.157,36
<b>Taxa de Ligação de Água</b>	1	R\$ 196,68	R\$ 196,68
<b>Taxa de Ligação de Esgoto</b>	1	R\$ 215,79	R\$ 215,79
<b>Isolamento (alambrado com 2 metros de altura)</b>	213,04 m <sup>2</sup>	R\$ 9,12/m <sup>2</sup>	R\$ 1.942,93
<b>Obras de Construção</b>	1.033, 29 m <sup>2</sup>	R\$ 654,66/m <sup>2</sup>	R\$ 676.453,63
<b>Empilhadeira elétrica tracionária</b>	1	R\$ 23.710,00	R\$ 23.710,00
<b>Bancada de trabalho em concreto</b>	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
<b>Balança Digital 2 toneladas</b>	2	R\$ 3.500,00	R\$ 7.000,00
<b>Triturador de Resíduos</b>	1	R\$ 89.000,00	R\$ 89.000,00
<b>Prensa Hidráulica</b>	1	R\$ 52.000,00	R\$ 52.000,00
<b>Container para armazenamento 1100L</b>	6	R\$ 2.500,00	R\$ 15.000,00
<b>Container para armazenamento 240 L</b>	3	R\$ 250,00	R\$ 750,00
<b>Kit de chaves de fenda/ Phillips/ alicates</b>	5	R\$ 140,00	R\$ 700,00
<b>Furadeira e Parafusadeira</b>	5	R\$ 250,00	R\$ 1.250,00
<b>Mesas</b>	3	R\$ 350,00	R\$ 1.050,00
<b>Cadeira de Escritório</b>	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00
<b>Cadeiras</b>	12	R\$ 90,00	R\$ 1.080,00
<b>Microcomputador</b>	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
<b>Impressora Multifuncional Laser</b>	1	R\$ 600,00	R\$ 600,00
<b>Telefone</b>	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
<b>Arquivos</b>	4	R\$ 400,00	R\$ 1.600,00
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 2.001.959,42</b>

**Fonte:** A autora.

Assim como no caso dos PEVs, deverão ser acrescentadas ao cálculo as taxas de licenciamento ambiental e de impostos.

Quanto aos contêineres, estes terão a função de armazenar os materiais já separados que não passarão pela prensa, como é o caso dos vidros, por exemplo.

Considerando, portanto, os custos de implantação dos PEVs e do Centro, para implantação da infraestrutura necessária para o sistema de

<sup>2</sup> Assim como na Tabela 10, os valores apresentados na Tabela 11 foram determinados a partir de pesquisas de mercado em páginas da *internet* e contatos telefônicos, para efeito de cálculo dos custos estimados preliminarmente.

Logística Reversa de REEE da Linha Branca no município de Londrina, será necessário um investimento aproximado de R\$ 5.778.765,47. (Tabela 12).

**Tabela 12** – Resumo dos custos referentes à implantação do Sistema de Logística Reversa de Linha Branca em Londrina – PR

<b>ATIVIDADE</b>	<b>VALOR</b>
<b>Implantação dos cinco PEVs</b>	R\$ 3.776.806,05
<b>Implantação do Centro</b>	R\$ 2.001.959,42
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 5.778.765,47</b>

**Fonte:** A autora.

Uma vez que se obteve essa informação, aplicou-se na Equação 3, dividindo o valor total das implantações dos PEVs e do Centro pela a vida útil de 240 meses (20 anos) – vida útil estimada para estruturas de obras civis, chegando, portanto, a uma quantia de R\$ 24.078,19. Sendo assim, para o total de 3.062 equipamentos por mês, a partir da equação 3, obteve-se um custo final de R\$ 7,86/ equipamento como taxa de retorno do investimento.

Além dos custos com a implantação, foram estimados os custos mensais do funcionamento dos PEVs e do Centro. Nas Tabelas 13 e 14 são descritos os materiais e serviços necessários para que o sistema de logística reversa de REEE esteja em atividade no município de Londrina.

Quanto à mão de obra, determinou-se que cada PEV deverá contar com um operário, que realizará as atividades do galpão, e um encarregado, que será responsável pelas atividades administrativas. Ressalta-se, porém, que esse número poderá ser alterado, a partir das necessidades observadas durante a execução das atividades.

Outro ponto que merece destaque é que estão inclusos no orçamento os custos com o aperfeiçoamento dos profissionais, com o pagamento de cursos para seu treinamento, o que é importante para a valorização profissional.

**Tabela 13** – Relação de Custos Estimados Preliminarmente para Operação dos PEVs no Município de Londrina – PR (Por Mês)

<b>CUSTOS DE FUNCIONAMENTO FIXOS</b>	<b>QUANTIDADE POR PEV</b>	<b>VALOR UNITÁRIO<sup>1</sup></b>	<b>VALOR TOTAL (1 PEV)</b>	<b>5 PEVS</b>
<b>Seguro</b>	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00	R\$ 1.250,00
<b>Cursos para treinamento de funcionários</b>	2	R\$ 350,00	R\$ 700,00	R\$ 3.500,00
<b>Equipamentos de Proteção Individual (kit)</b>	2	R\$ 230,00	R\$ 460,00	R\$ 2.300,00
<b>Alarme</b>	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00	R\$ 1.000,00
<b>Mão de obra (operários)</b>	1	R\$ 1.966,80	R\$ 1.966,80	R\$ 9.834,00
<b>Mão de obra (encarregado)</b>	1	R\$6.000,00	R\$6.000,00	R\$ 30.000,00
<b>CUSTOS DE FUNCIONAMENTO VARIÁVEIS</b>	<b>QUANTIDADE POR PEV<sup>3</sup></b>	<b>VALOR UNITÁRIO<sup>1</sup></b>	<b>VALOR TOTAL (1 PEV)</b>	<b>5 PEVS</b>
<b>Luz</b>	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00	R\$ 4.000,00
<b>Água</b>	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00	R\$ 1.000,00
<b>Telefone + Internet</b>	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00	R\$ 1.000,00
<b>Material de escritório</b>	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00	R\$ 750,00
<b>Material de limpeza</b>	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00	R\$ 750,00
<b>Manutenção</b>	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00	R\$ 5.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 12.076,80</b>	<b>R\$ 60.384,00</b>

Fonte: A autora.

Apresentaram-se, na Tabela 13, os valores para o funcionamento dos PEVs em um mês, ou seja, ele considera custos fixos e variáveis, gerando uma estimativa média necessária para a manutenção do trabalho realizado nesses pontos de entrega no valor de R\$ 60.384,00.

No que diz respeito aos PEVs, é importante ressaltar que há a possibilidade destes serem utilizados para armazenamento de outros tipos de resíduos e, nesse caso, os custos para sua implantação e manutenção deverão ser diluídos entre os diversos tipos de resíduos, reduzindo, portanto, os seus custos para a implantação do Sistema de Logística Reversa dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos da Linha Branca no município de Londrina – PR.

<sup>3</sup> Os valores unitários foram levantados com base em pesquisas de mercado, obtendo-se valores médios que foram utilizados nessa dissertação como referência para a estimativa de custo.

Já na Tabela 14, apresenta-se uma estimativa dos custos relativos ao funcionamento do Centro de Triagem e Reciclagem de REEE, inclusos os custos relativos aos transportes dos resíduos dos PEVs até o Centro.

Foi tomado como base, 6 funcionários na operação do PEV, sendo um Gerente Geral para as atividades do sistema, escritório e guarita, um para a triagem dos equipamentos, dois para as atividades de desmontagem, dois para moagem para prensagem. Esse número foi determinado considerando que haverá um espaço de tempo considerável entre a chegada e saída dos caminhões. No entanto, é possível que o quadro de funcionários seja alterado de acordo com as necessidades do dia-a-dia. Assim como no caso do PEVs, também foram inclusos os custos dos cursos para aperfeiçoamento profissional.

Para o levantamento dos custos relativos aos caminhões, considerou-se o aluguel de dois caminhões baú, obtendo os preços através de uma pesquisa com um gerente regional da transportadora Braspress, estando inclusos o combustível, a manutenção do caminhão, o motorista e um funcionário para o carregamento dos equipamentos.

**Tabela 14** – Relação de Custos Estimados Preliminarmente para Operação do Centro de Triagem e Reciclagem no Município de Londrina – PR (Por Mês)<sup>4</sup>

<b>CUSTOS DE FUNCIONAMENTO FIXOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>VALOR UNITÁRIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>Manutenção</b>	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
<b>Seguro</b>	1	R\$ 450,00	R\$ 450,00
<b>Cursos para treinamento de funcionários</b>	6	R\$ 350,00	R\$ 2.100,00
<b>Equipamentos de Proteção Individual (kit)</b>	6	R\$ 230,00	R\$ 1.380,00
<b>Mão de obra (operários)</b>	5	R\$ 1.966,80	R\$ 9.834,00
<b>Mão de obra (Gerente Geral)</b>	1	R\$ 14.000,00	R\$ 14.000,00
<b>CUSTOS DE FUNCIONAMENTO VARIÁVEIS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>VALOR UNITÁRIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>Big Bag Reutilizado (1000 kg)</b>	30	R\$ 15,00	R\$ 450,00
<b>Mão-de-obra direta (funcionários)</b>	6	R\$ 1.966,80	R\$ 11.800,80
<b>Luz</b>	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
<b>Água</b>	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
<b>Telefone + Internet</b>	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
<b>Material de escritório</b>	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
<b>Material de limpeza</b>	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
<b>Aluguel de Caminhão Baú</b>	2	R\$ 20.000,00	R\$ 40.000,00
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 84.364,80</b>

Fonte: A autora.

<sup>4</sup> Assim como na Tabela 13, os valores unitários foram levantados com base em pesquisas de mercado, obtendo-se valores médios que foram utilizados nessa dissertação como referência para a estimativa de custo.

Quanto à quantidade de big bags a serem utilizados por mês, essa é justificada pelo fato de que apenas materiais triturados e de pequenas dimensões serão encaminhados a esse tipo de armazenagem (vidro temperado, PCIs, borracha), visto que os demais materiais serão armazenados contêineres, já inclusos nos custos de implantação do Centro, já apresentados na Tabela 11.

Considerando que refrigeradores, freezers e aparelhos de ar condicionado serão encaminhados à Indústria Fox para a reciclagem, as Tabelas 15, 16 e 17, apresentam, respectivamente, os custos relativos a esse serviço, disponibilizados em orçamento pela própria empresa. A quantidade de transportes necessários para o serviço foi calculada a partir da informação de que uma carreta tem capacidade média para transportar 120 equipamentos e utilizando-se as proporções já apresentadas anteriormente. Sendo assim, seriam necessárias, em média, 17 transfers por mês, com o custo de R\$ 3.780,00 por transfer. Para facilitar o cálculo, o custo do transporte foi apresentado por unidade em relação ao custo total de R\$ 64.260,00 para o total de 1989 equipamentos (refrigeradores, freezers e aparelhos de ar condicionado), o que corresponde a R\$ 32,30 por equipamento.

**Tabela 15** – Relação de Custos Mensais Estimados Preliminarmente para Processamento e Transporte de Refrigeradores (Por Mês)

SERVIÇO	QUANTIDADE DE EQUIPAMENTOS/MÊS	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL/MÊS
Reciclagem de refrigeradores (Indústria Fox)	1429	R\$ 15,00	R\$ 21.435,00
Transporte Londrina- Cabreúva (carreta baú ou sider)	1429	R\$ 32,31	R\$ 46.167,69
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 67.602,69</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 16** – Relação de Custos Mensais Estimados Preliminarmente para Processamento e Transporte de Freezers

SERVIÇO	QUANTIDADE DE EQUIPAMENTOS/MÊS	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL/MÊS
Reciclagem de freezers (Indústria Fox)	249	R\$ 15,00	R\$ 3.735,00
Transporte Londrina- Cabreúva (carreta baú ou sider)	249	R\$ 32,31	R\$ 8.044,62
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 11.779,62</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 17** – Relação de Custos Mensais Estimados Preliminarmente para Processamento e Transporte de Aparelhos de Ar Condicionado

SERVIÇO	QUANTIDADE DE EQUIPAMENTOS/MÊS	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL/MÊS
Reciclagem de aparelhos de ar condicionado (Indústria Fox)	311	R\$ 19,00	R\$ 5.909,00
Transporte Londrina- Cabreúva (carreta baú ou sider)	311	R\$ 32,31	R\$ 10.047,69
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 15.956,69</b>

Fonte: A autora.

Quanto aos valores para envio e reciclagem de refrigeradores, freezers e aparelho de ar condicionado, fica determinado pela Indústria Fox que os serviços de reciclagem serão cobrados por meio da Nota Fiscal de serviço de reciclagem e que os serviços de transporte serão cobrados por meio do Conhecimento de Transporte Eletrônico – CTe, emitido por uma empresa do grupo Organizações Fox. Cabe ressaltar, ainda, que os valores apresentados referentes a esse serviço são do mês de agosto/2015, com validade até outubro/2015, podendo apresentar alterações nos valores para datas posteriores.

Foram pesquisados, ainda, os valores referentes à reciclagem de resíduos e à destinação ambientalmente correta dos rejeitos. Para isso, algumas empresas foram sugeridas para a prestação desses serviços. No entanto, é importante destacar que deve ser realizada uma pesquisa de mercado buscando os melhores preços na época.

No que diz respeito aos valores estimados para a venda das sucatas resultantes dos fogões e das máquinas de lavar, utilizaram-se as porcentagens dos materiais encontrados através da desmontagem desses equipamentos, seus pesos médios e seus respectivos preços no mercado de sucata. Apesar de terem sido desmontados apenas um equipamento de cada tipo, esse trabalho não teve como objetivo determinar a proporção exata de cada material e, dessa forma, esses valores foram utilizados apenas como referência.

Os valores de venda dos materiais são muito variáveis e dependem da demanda e do preço do dólar, portanto, esses valores são atualizados a cada dia e deverão ser revistos no período da venda.

Quanto aos valores de transporte desses materiais, foram consultadas as empresas responsáveis pela reciclagem e, no caso da sucata mista de

chaparia, consultou-se o Ferro Velho Batista, obtendo-se para ela um valor de R\$ 55,00/ tonelada de material prensado, sendo que em uma carreta cabem, aproximadamente, 25.000 kg desse material. Para o plástico, a própria Alcaplas se responsabiliza pelo pagamento do frete através da transportadora Expresso São Miguel. Quanto ao transporte da borracha para o aterro, este deverá ser realizado pelo próprio caminhão baú alugado para prestar serviço para o Sistema, tendo o valor, portanto, já embutido nos custos de funcionamento do Centro.

Na Tabela 18 é apresentada a relação com a quantidade de material gerado pela reciclagem dos fogões e um resumo com os preços desses valores, considerando um fogão com peso médio de 44,29 kg. Nota-se que para o caso da lã de vidro é considerada sua densidade em  $20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

**Tabela 18** – Receitas e despesas mensais relativas aos materiais provenientes do processamento de um fogão com peso médio de 44,29 kg

MATERIAL	(%)/EQUI-PAMENTO	TOTAL (kg)	DESTINO	R\$/kg	RECEITA (+)	DESPE-SA (-)	DESPESA (-)(transporte)
<b>Vidro Temperado</b>	12,31%	5,45	Kurica	(-) 0,80	-----	(-)R\$ 4,36	-----
<b>Lã de Vidro</b>	14,72%	<b>6,52 kg</b> <b>(0,326 m<sup>3</sup>)</b>	Kurica	(-) 402,23/m <sup>3</sup>	-----	(-)R\$ 131,13	-----
<b>Sucata Mista Chaparia</b>	71,17%	31,52	Gerdau	(+) 0,20	(+)R\$ 6,30	-----	(-)R\$ 1,73
<b>Plástico</b>	0,90%	0,40	Alcaplas	(+) 1,20	(+)R\$ 0,48	-----	-----
<b>Borracha</b>	0,30%	0,13	Aterro	(-) 0,00	-----	-----	-----
<b>Fiação Elétrica</b>	0,60%	0,27	Vertas	(-) 0,30	-----	(-)R\$ 0,08	(-)R\$ 0,27
<b>TOTAL</b>					<b>(+)R\$ 6,78</b>	<b>(-)R\$ 135,57</b>	<b>(-) R\$ 2,00</b>
<b>BALANÇO FINAL</b>						<b>(-) R\$ 130,79</b>	

Fonte: A autora.

Observa-se, portanto, que o balanço entre receitas e despesas relativas aos materiais provenientes de fogões e seu transporte é negativo e corresponde a um custo total de R\$ 130,79. Dessa forma, para o total de 119 equipamentos por mês obtém-se um custo de R\$ 15.562,23.

Já na Tabela 19 são apresentadas as mesmas informações para o caso das máquinas de lavar, considerando o peso médio de 36,51 kg.

**Tabela 19** - Receitas e despesas mensais relativas aos materiais provenientes do processamento de uma máquina de lavar com peso médio de 36,51 kg

MATERIAL	(%)/EQUI- PAMENTO	TOTAL (kg)	DESTI- NO	R\$/kg	RECEITA (+)	DESPE- SA (-)	DESPESA (-) (transporte)
<b>Vidro Temperado</b>	2,66%	<b>0,97</b>	Kurica	(-) 0,80	-----	(-)R\$ 0,78	-----
<b>Sucata Mista</b>	63,17%	<b>23,06</b>	Gerdau	(+) 0,20	(+)R\$ 4,61	-----	(-)R\$ 1,27
<b>Chaparia Plástico</b>	32,09%	<b>11,72</b>	Alcaplas	(+) 1,20	(+)R\$ 14,06	-----	-----
<b>Borracha</b>	0,10%	<b>0,04</b>	Aterro	(-) 0,00	-----	-----	-----
<b>Fiação Elétrica</b>	0,70%	<b>0,26</b>	Vertas	(-)R\$ 0,30	-----	(-)R\$ 0,08	(-)R\$ 0,26
<b>PCI</b>	0,55%	<b>0,20</b>	Lorene	(+) R\$ 0,30	(+)R\$ 0,06	-----	(-)R\$ 0,13
<b>TOTAL</b>					<b>(+) R\$ 18,73</b>	<b>(-) R\$ 0,86</b>	<b>(-) R\$ 1,66</b>
<b>BALANÇO FINAL</b>						<b>(+) R\$ 16,21</b>	

Fonte: A autora.

Percebe-se, portanto, que no caso das máquinas de lavar o balanço entre receita e despesa é positivo, gerando um lucro de R\$ 16,21/máquina de lavar e, portanto, para os 954 equipamentos, uma renda mensal de R\$ 15.464,67.

Apresenta-se, na tabela 20, um resumo dos custos referentes à operação do sistema de logística reversa da Linha Branca em Londrina. Nessa tabela, os valores indicados com o sinal negativo (-) são custos e os valores indicados com o sinal positivo (+), receitas.

**Tabela 20** – Resumo dos custos referentes à operação do sistema de Logística Reversa de Linha Branca em Londrina – PR / mês

ATIVIDADE	VALOR/MÊS
<b>Operação PEV</b>	(-) R\$ 60.384,00
<b>Operação Centro</b>	(-) R\$ 84.364,80
<b>Processamento de Refrigeradores</b>	(-) R\$ 67.602,69
<b>Processamento de Freezers</b>	(-) R\$ 11.779,62
<b>Processamento de Aparelhos de Ar Condicionado</b>	(-) R\$ 15.956,69
<b>Processamento de Fogões</b>	(-) R\$ 15.562,23
<b>Processamento de Máquinas de Lavar</b>	(+) R\$ 15.464,67
<b>TOTAL</b>	<b>(-) R\$ 240.185,36</b>

Fonte: A autora.

Nota-se, portanto, um total de custos de operação do Sistema de Logística Reversa da Linha Branca no valor de R\$ 240.185,36.

### 5.5.2 Estimativa Preliminar de Custos Individualizados por Equipamento

Como a Lei prevê que os custos da Logística Reversa sejam assumidos pelo fabricante, comerciante e importador, o objetivo deste item é definir de forma preliminar os custos que caberiam a cada tipo de equipamento e seus respectivos fabricantes.

Sendo assim, a fim de estabelecer como ocorrerá o pagamento da implantação e da operação do sistema, foi realizado um cálculo para os custos de reciclagem de cada refrigerador (Tabela 21), freezer (Tabela 22), aparelho de ar condicionado (Tabela 23), fogão (Tabela 24) e máquina de lavar (Tabela 25). Ressalta-se que, para esses cálculos, os custos da operação dos PEVs (R\$ 60.384,00) e do Centro (R\$ 84.364,00) foram divididos igualmente entre todos os equipamentos a serem recebidos (3.062 unidades), o que correspondia ao valor de R\$ 19,72/equipamento e R\$ 27,55/equipamento, respectivamente.

Outro ponto que merece destaque é que os valores do transporte dos equipamentos das residências dos consumidores até os PEVs e dos PEVs até o Centro estão embutidos nos custos de operação do Centro, uma vez que haverá dois caminhões baú para a realização desse serviço.

Quanto ao transporte do Centro para os respectivos locais de processamento dos materiais, os valores estão inclusos nos custos relativos ao processamento dos equipamentos.

Nas tabelas 21 a 25, os valores relativos às despesas são indicados com o sinal negativo e os valores relativos às receitas são indicados com o sinal positivo.

**Tabela 21 – Preço Unitário Previsto Para Processamento De Refrigeradores No Município De Londrina – PR**

ATIVIDADE	CUSTO / REFRIGERADOR	PERCENTUAIS
Implantação PEVs + Centro <sup>5</sup>	(-)R\$ 7,86	(-)7,67%
Operação PEV <sup>6</sup>	(-)R\$ 19,72	(-)19,25%
Operação Centro <sup>7</sup>	(-)R\$ 27,55	(-)26,90%
Processamento de Refrigeradores <sup>8</sup>	(-)R\$ 15,00	(-)14,64%
Transporte Londrina – Cabreúva <sup>8</sup>	(-)R\$ 32,31	(-)31,54%
<b>PREÇO UNITÁRIO</b>	<b>(-)R\$ 102,44</b>	<b>(-)100%</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 22 – Preço Unitário Previsto Para Processamento De Freezers No Município De Londrina – PR**

ATIVIDADE	CUSTO / FREEZER	PERCENTUAIS
Implantação PEVs + Centro <sup>5</sup>	(-)R\$ 7,86	(-)7,67%
Operação PEV <sup>6</sup>	(-)R\$ 19,72	(-)19,25%
Operação Centro <sup>7</sup>	(-)R\$ 27,55	(-)26,90%
Processamento de Freezers <sup>9</sup>	(-)R\$ 15,00	(-)14,64%
Transporte Londrina – Cabreúva <sup>9</sup>	(-)R\$ 32,31	(-)31,54%
<b>PREÇO UNITÁRIO</b>	<b>(-)R\$ 102,44</b>	<b>(-)100%</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 23 – Preço Unitário Previsto Para Processamento De Aparelhos de Ar Condicionado No Município De Londrina – PR**

ATIVIDADE	CUSTO/AR CONDICIONADO	PERCENTUAIS
Implantação PEVs + Centro <sup>10</sup>	(-)R\$ 7,86	(-)7,38%
Operação PEV <sup>11</sup>	(-)R\$ 19,72	(-)18,53%
Operação Centro <sup>12</sup>	(-)R\$ 27,55	(-)25,88%
Processamento de Aparelhos de Ar Condicionado <sup>13</sup>	(-)R\$ 19,00	(-)17,85%
Transporte Londrina – Cabreúva <sup>13</sup>	(-)R\$ 32,31	(-)30,36%
<b>PREÇO UNITÁRIO</b>	<b>(-)R\$ 106,44</b>	<b>(-)100%</b>

Fonte: A autora.

<sup>5</sup>Valores adaptados da Tabela 12 a partir da equação 3;

<sup>6</sup>Valores adaptados da Tabela 13 a partir da equação 4;

<sup>7</sup>Valores adaptados da Tabela 14 a partir da equação 4;

<sup>8</sup>Valores apresentados na Tabela 15;

<sup>9</sup>Valores apresentados na Tabela 16;

<sup>10</sup>Valores adaptados da Tabela 12 a partir da equação 3;

<sup>11</sup>Valores adaptados da Tabela 13 a partir da equação 4;

<sup>12</sup>Valores adaptados da Tabela 14 a partir da equação 4;

<sup>13</sup>Valores apresentados na Tabela 17;

**Tabela 24** – Preço Unitário Previsto para Processamento de Fogões no Município de Londrina – PR

ATIVIDADE	CUSTO / FOGÃO	PORCENTAGENS
Implantação PEVs + Centro <sup>10</sup>	(-)R\$ 7,86	(-)4,22%
Operação PEV <sup>11</sup>	(-) R\$ 19,72	(-)10,61%
Operação Centro <sup>12</sup>	(-) R\$ 27,55	(-)14,82%
Reciclagem do Fogão <sup>14</sup>	(-) R\$ 130,79	(-)70,35%
<b>PREÇO UNITÁRIO</b>	<b>(-)R\$ 185,92</b>	<b>(-)100%</b>

Fonte: A autora.

**Tabela 25** – Preço Unitário Previsto para Processamento de Máquinas de Lavar no Município de Londrina – PR

ATIVIDADE	CUSTO / MÁQUINA DE LAVAR	PORCENTAGENS
Implantação PEVs + Centro <sup>10</sup>	(-)R\$ 7,85	(-)20,17%
Operação PEV <sup>11</sup>	(-) R\$ 19,72	(-)50,68%
Operação Centro <sup>12</sup>	(-) R\$ 27,55	(-)70,81%
Reciclagem da Máquina de Lavar <sup>15</sup>	(+) R\$ 16,21	(+)41,66
<b>PREÇO UNITÁRIO</b>	<b>R\$ 38,91</b>	<b>(-)100%</b>

Fonte: A autora.

Percebe-se, portanto, que os fogões possuem um elevado custo unitário para processamento, o que pode ser justificado pelo elevado preço para a destinação ambientalmente correta da lã de vidro.

Já no caso da máquina de lavar, esse valor foi reduzido pelo fato de sua reciclagem gerar uma receita positiva através da logística reversa.

Uma vez definidos os custos por equipamento, o planejamento e a execução por parte dos fabricantes são facilitados, colaborando com o êxito do sistema.

<sup>10</sup> Valores adaptados da Tabela 12 a partir da equação 3;

<sup>11</sup> Valores adaptados da Tabela 13 a partir da equação 4;

<sup>12</sup> Valores adaptados da Tabela 14 a partir da equação 4;

<sup>14</sup> Valores apresentados na Tabela 18;

<sup>15</sup> Valores apresentados na Tabela 19;

## 6. CONCLUSÕES

- Esta dissertação define os requisitos básicos para um modelo de um Sistema de Logística Reversa de REEE da Linha Branca, atendendo à Lei nº 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos);
- A produção estimada de REEE da Linha Branca no município de Londrina é de 198 toneladas/mês, equivalentes a 3.062 equipamentos/mês;
- Este trabalho concluiu que alguns equipamentos são passíveis de reciclagem no município de Londrina, enquanto outros deverão ser encaminhados para empresas especializadas;
- O modelo proposto abrange o ciclo de cada equipamento a partir de seu descarte até sua destinação final devidamente certificada;
- Para as condições deste trabalho, os custos de implantação de um PEV foram estimados em R\$ 755.361,21 e os custos do Centro de Triagem e Reciclagem em R\$ 2.001.959,42;
- Quanto aos custos de operação mensais, foram estimados para um PEV em R\$ 12.076,80 e, para o Centro, em R\$ 84.364,80;
- Para o financiamento da implantação e da operação do Sistema de Logística Reversa de REEE da Linha Branca em Londrina, chegou-se à conclusão, portanto, de que o custo unitário por equipamento será de: R\$ 102,44/refrigerador; R\$ 102,44/freezer; R\$ 106,44/aparelho de ar condicionado; R\$ 185,92/fogão (com lâ de vidro); e R\$38,91 por máquina de lavar.

## 7. RECOMENDAÇÕES E DESDOBRAMENTOS FUTUROS

Os resultados e conclusões dessa pesquisa contribuem para o desenvolvimento da logística reversa no Brasil, uma vez que demonstram que a implantação de um sistema de logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos é possível desde que todos os atores do sistema assumam as devidas responsabilidades.

Nota-se que ainda há muito a ser estudado sobre os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, principalmente os da linha branca, foco desse trabalho, e, por isso, espera-se que o setor acadêmico, fabricantes (associações), vendedores e poder público continuem aprofundando os conhecimentos a seu respeito.

A seguir, serão apresentados possíveis desdobramentos futuros e recomendações para melhor aprofundar sobre o tema em questão:

- ✓ Para que se obtenha maior precisão nos números de REEE gerados em cada município, é necessário que haja um maior controle sobre o número de vendas dos equipamentos e sobre a quantidade e idade dos equipamentos de cada tipo presente nos domicílios, além de registros sobre a quantidade de equipamentos descartados nas empresas de assistências técnicas. Poderá ser desenvolvida, ainda, uma metodologia mais eficiente para esse fim, que considere, inclusive, o número de equipamentos presentes em pontos comerciais, gerando números mais concretos;
- ✓ Pouco se sabe sobre os materiais que compõem os equipamentos eletroeletrônicos da Linha Branca e, por isso, recomenda-se o aprofundamento desse ponto, realizando a desmontagem de uma quantidade maior de equipamentos para que se possa chegar a números mais concretos sobre suas porcentagens;
- ✓ É importante que maiores estudos sejam desenvolvidos para que seja implantada a logística reversa dos demais resíduos da Linha Branca, além dos REEE das outras linhas. Para isso, devido o pouco material

científico disponível, será necessário o aprofundamento dos estudos sobre esses resíduos;

- ✓ As plantas dos PEVs e do Centro de Triagem e Reciclagem deverão ser adaptadas para as situações encontradas nos diversos municípios brasileiros, uma vez que o volume de resíduos recebidos é determinante para a mensuração de suas dimensões;
- ✓ As associações deverão realizar um estudo preliminar para cada município a fim de que se verifiquem as condições necessárias para a implantação do sistema de logística reversa, adaptando os resultados desse trabalho para cada situação;
- ✓ Sugere-se a elaboração de um estudo para que se verifique a possibilidade de criação de consórcios entre municípios vizinhos, o que reduziria custos e tornaria o processo mais sustentável.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos – ABIHPEC. **Cooperativas de Reciclagem de Londrina Assinam Acordo para Logística Reversa**. 2014. Disponível em: <<https://www.abihpec.org.br/2015/08/cooperativas-de-reciclagem-de-londrina-assinam-acordo-para-logistica-reversa/>>. Acesso em: 20 nov 2015.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos - Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**. Brasília, 2013.

ANDRADE, R. **Caracterização e classificação de placas de circuito impresso de computadores como resíduos sólidos**. Campinas – SP. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.

Associação Norte Paranaense de Revendedores Agroquímicos – ANPARA. **Estatuto**. Disponível em: <<http://anpara.com.br/estatuto/>>. Acesso em: 20 nov 2015.

ARAÚJO, S. M. V. G. de; JURAS, I. A. G. M. **Comentários à Lei dos resíduos sólidos: Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (e seu regulamento)**. São Paulo: Pillares, 2011. 255 p.

Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - ABINEE. **Logística Reversa: Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Atuação da Abinee**. Disponível em: <<http://www.tec.abinee.org.br/2012/arquivos/s1b.pdf>>. Acesso em: 08 abril 2015.

Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - ABINEE. **REEE: Audiência Pública – Grupo de Trabalho sobre Política Tributária e Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www19.senado.gov.br/sdleg-getter/public/getDocument?docverid=7a539606-5295-46f5-9b18-92cf46bc7418;1.0>>. Acesso em: 08 abril 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004:2004 – Resíduos Sólidos : Classificação**. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16156:2013 – Requisitos para Atividade de manufatura Reversa**. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

ATLAS DE DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Londrina**. Disponível em: <[http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/londrina\\_pr](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/londrina_pr)>. Acesso em 18 de março de 2015.

BRASIL. **Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2010/decreto-7404-23-dezembro-2010-609830-norma-pe.html>>. Acesso em: 28 agosto 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 28 agosto 2014.

CAMBÉ. **Dia do Campo Limpo Reúne 160 pessoas na ANPARA de Cambé.** 2014. Disponível em: <<http://www.cambe.pr.gov.br/site/areanoticia/2283-dia-do-campo-limpo-reune-160-pessoas-na-anpara-de-cambe.html>>. Acesso em: 20 nov 2015.

CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos - uma abordagem prática para a sustentabilidade.** 1 ed. Editora Elsevier: Rio de Janeiro, 2014.

CHEN, A.; DIETRICH, K. N.; HUO, X.; HO, S. Developmental Neurotoxins in E-waste: An Emerging Health Concern. **Environmental Health Perspectives.** v. 11, n. 4, 2011.

CMTU - Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização. **Coleta de Resíduos Recicláveis (Coleta Seletiva).** Disponível em: <<http://www.cmtuld.com.br/index.php/diretoria-de-operacoes/coleta-seletiva>>. Acesso em: 18 mar 2015.

CMTU – Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização. **Conceito Projeto Lixo Zero.** 2015a. Disponível em: <[http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/cmtu/conceito\\_projeto\\_lixo\\_zero.pdf](http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/cmtu/conceito_projeto_lixo_zero.pdf)>. Acesso em: 2 set 2015.

CMTU – Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização. **Interessados que Manifestaram Interesse em Participar – PMI 001/2013.** 2015b. Disponível em: <[http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/cmtu/empresas\\_pmi.pdf](http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/cmtu/empresas_pmi.pdf)>. Acesso em: 2 set 2015.

CONAMA. **Resolução CONAMA No. 001, de 23 de janeiro de 1986.** 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 25 nov 2012.

ECO3E. **Products – Refrigerator.** 2013. Disponível em: <<http://eco3e.eu/products/refrigerator/>>. Acesso em: 25 mar 2015.

ECYCLE. **A geladeira é reciclável?** 2013. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/47-eletrrodomesticos/109-reciclagem-geladeira.html>>. Acesso em: 25 mar 2015.

ELECTRONICS TAKE BACK. **State Legislation.** Disponível em: <<http://www.electronicstakeback.com/promote-good-laws/state-legislation/>>. Acesso em: 13 set 2015.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. Departamento de Meio Ambiente. **Perguntas Frequentes sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**. 1 ed. São Paulo: FIESP. 2012. p. 9.

FERREIRA, J. M. B.; FERREIRA, A. C. A sociedade da informação e o desafio da sucata eletrônica. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, v. 3, n. 3. 2008.

FRANCO, R. G. F.; LANGE, L. C. Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, p. 73-82, 2011.

GERBASE, A. E.; OLIVEIRA, C. R. Reciclagem Do Lixo De Informática: Uma Oportunidade Para A Química. **Química Nova**, v. 35, n. 7, p. 1486-1492, 2012.

GREEN ECOSYSTEMS GROUP. **Energy Using Products Directive (EuP)**. Disponível em: <http://www.green-ecosystems.com/energy-using-products-eup.html>. Acesso em: 30 agosto 2014.

HILTY, L. M.; BEHRENDT, S.; BINSWANGER, M.; BRUININK, A.; ERDMANN, L.; FROEHLICH, J. **The precautionary principle in the information society—effects of pervasive computing on health and environment**. Suíça. 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Paraná - Londrina - Censo Demográfico 2010: sinopse**. 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=411370&idtema=1&search=parana|londrina|censo-demografico-2010:-sinopse->>. Acesso em: 18 mar 2015.

INDÚSTRIA FOX. **Conheça a Indústria Fox**. Disponível em: <<http://www.industriafox.com/>>. Acesso em: 10 abril 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 set 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD - 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias – inPEV. **Sistema Campo Limpo: Funcionamento do Sistema**. 2015. Disponível em: <<http://www.inpev.org.br/sistema-campo-limpo/sobre-o-sistema>>. Acesso em: 20 nov 2015.

KFOURI, B. Governo Deve Resolver a Reciclagem de Produto Órfão. **Diário Comércio Indústria e Serviços**. 2013. Disponível em: <<http://www.dci.com.br/industria/governo-deve-resolver-a-reciclagem-de-produto-orfao-id352367.html>>. Acesso em: 5 jan 2014.

KOHL, C. A. **Caracterização e Valorização de Resíduos de Gabinetes de Microcomputadores de Mesa**. São Leopoldo, RS. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

KOSSAKA, J. **Método de Reciclagem de Espuma Rígida de Poliuretano de Refrigeradores e Congeladores de Uso Doméstico**. Curitiba, PR. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

LONDRINA - COMPANHIA MUNICIPAL DE TRÂNSITO E URBANIZAÇÃO (CMTU). **Lixo Zero**. 2013. Disponível em: <<http://www.cmtuld.com.br/index.php/component/content/article/175-uncategorised/7996-lixo-zero>>. Acesso em: 01 maio 2014.

LONDRINA. **Lei nº 11.228, de 6 de Junho de 2011**. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/l/londrina/lei-ordinaria/2011/1122/11228/lei-ordinaria-n-11228-2011-autoriza-o-poder-executivo-municipal-administra-co-direta-e-indireta-a-destinar-seu-lixo-eletr-eletr-nico-a-qualquer-organiza-co-nco-governamental-ou-associa-co-nas-condi-es-que-menciona-e-d-outras-provid-ncias-2011-06-06.html>>. Acesso em: 29 out 2014.

LONDRINA. Prefeitura de Londrina. **História da Cidade**. Disponível em: <[http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3&Itemid=5](http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=5)>. Acesso em 18 mar 2015.

LONDRINA. **Mapas Temáticos – Bairros e REgiões. 2013**. Disponível em: <[http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/ippul/mapas\\_tematicos/bairros\\_regioes\\_a4.pdf](http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/ippul/mapas_tematicos/bairros_regioes_a4.pdf)>. Acesso em: 15 out 2015.

LONDRINA. **Procedimento de Manifestação de Interesse – PMI 001/2013 – CMTU**. 2013. Disponível em: <[https://licita.s3.amazonaws.com/uploads/anexo/arquivo/192/PMI\\_001-13-CMTU\\_-\\_gest\\_o\\_integrada\\_lixo.pdf](https://licita.s3.amazonaws.com/uploads/anexo/arquivo/192/PMI_001-13-CMTU_-_gest_o_integrada_lixo.pdf)>. Acesso em: 29 out 2014.

LUZ, A. B. da; LINS, F. A. F. **Rochas Minerais Industriais: Usos e Especificações**. CETEM/CNPq. 2008.

MANHART A. International cooperation for metal recycling from waste electrical and electronic equipments – An assessment of ‘the best of two world’ approach. **Journal Industrial Ecology**, v. 15, p. 13-30, 2010.

MENETTI, R. P.; CHAVES, A. P.; TENÓRIO, J.A. S. **Obtenção de Concentrados Metálicos Não Ferrosos a partir de Sucata Eletrônica**. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM., 51., Porto Alegre, RS. 1996.

MIGUEZ, E. C. **Logística reversa como solução para o problema do lixo eletrônico: benefícios ambientais e financeiros**. Editora Qualitymark: Rio de Janeiro, 2010.

MORAES, V. T. **Recuperação de Metais a Partir do Processamento Mecânico e Hidrometalúrgico de Placas de Circuito Impressos de**

**Celulares Obsoletos.** São Paulo, SP. 2011. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

NATUME, R. Y.; SANT'ANNA, F. S. P. **Resíduos Eletroeletrônicos: Um Desafio Para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos.** In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 3., São Paulo, SP. 2011.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Extender Producer Responsibility – A Guidance Manual For Governments.** 1 ed. OECD Publications Services: Paris, 2001.

OLIVEIRA, C. R. **Alternativas Tecnológicas para o Tratamento e Reciclagem do Lixo de Informática.** Posto Alegre, RS. 2010. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, P. C. F. **Valorização de Placas de Circuito Impresso por Hidrometalurgia.** Lisboa, Portugal. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade Técnico de Lisboa.

ONGONDO, F. O.; WILLIAMS, I. D. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. **Waste Management**, v. 31, p. 714–730, 2011.

OTT, D. **Estado Actual de La Gestión de los RAEE en América Latina.** In: Conference of the Parties to the Basel Convention. Cartagena – Colômbia. 2011. Disponível em: < [http://www.residuoselectronicos.net/wp-content/uploads/2011/10/Afiche\\_COP\\_LAC\\_finales.jpg](http://www.residuoselectronicos.net/wp-content/uploads/2011/10/Afiche_COP_LAC_finales.jpg)>. Acesso em: 5 out 2015.

PARANÁ. **Constituição do Estado do Paraná.** 1989. Disponível em: <<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=iniciarProcesso&tipoAto=10&orgaoUnidade=1100&retiraLista=true&site=1>>. Acesso em: 29 agosto 2014.

PARANÁ. **Lei 15.851, de 10 de junho de 2008.** Disponível em: <<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=9158&indice=1&totalRegistros=1>>. Acesso em: 11 out 2014.

PARANÁ. **Lei nº 12.293, de 22 de Janeiro de 1999.** 1999. Disponível em: < [http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao\\_ambiental/Legislacao\\_estadual/LEIS/LEI\\_ESTADUAL\\_12493\\_DE\\_01\\_1999.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/LEIS/LEI_ESTADUAL_12493_DE_01_1999.pdf)>. Acesso em: 29 agosto 2014.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **O que é o IDHM.** Disponível em: < [http://www.pnud.org.br/IDH/IDHM.aspx?indiceAccordion=0&li=li\\_IDHM](http://www.pnud.org.br/IDH/IDHM.aspx?indiceAccordion=0&li=li_IDHM)>. Acesso em 18 mar 2015.

PUCKET, J.; SMITH, T. **Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia**. 2002. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/eastasia/publications/reports/toxics/2006/exporting-harm-the-high-tech/>>. Acesso em: 11 jun 2015.  
Recovery from Recycling. **Abinee Tec**. 2005.

RIBEIRO, F. M.; Kruglianskas, I. Implementação da Logística Reversa: A Primeira Fase da Experiência do Estado de São Paulo. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 5. São Paulo-SP: 2015.

SCHEUTZ, C.; KJELDSEN, P. Determination of the Fraction of Blowing Agent Released from Refrigerator/Freezer Foam after Decommissioning the Product. **Environment & Resources DTU**, Technical University of Denmark. 2002. Disponível em: <<http://www2.er.dtu.dk/publications/fulltext/2002/MR2002-052.pdf>>. Acesso em: 14 mar 2015.

SEO, E. S. M.; FINGERMAN, N. N. Sustentabilidade Na Gestão De Resíduos Sólidos: Panorama Do Segmento Eletro Eletrônicos. **Interfacehs – Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 6, n. 3, 2011.

SHINKUMA, T.; HUONG, N. T. M. The Flow of E-waste Material in The Asian Region and a Reconsideration of International Trade Policies on E-Waste. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 29, n. 1, p. 25 – 31. 2009.

SILVA, B.; MARTINS, D.; OLIVIER, F. **Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil**. 2007. Disponível em: <[http://lixoeletronico.org/system/files/lixoeletronico\\_02.pdf](http://lixoeletronico.org/system/files/lixoeletronico_02.pdf)>. Acesso em: 10 out 2014.

STEP – Solving the E-waste Problem. **One Global Definition of E-Waste**. Disponível em: <[http://www.step-initiative.org/files/step/\\_documents/StEP\\_WP\\_One%20Global%20Definition%20of%20E-waste\\_20140603\\_amended.pdf](http://www.step-initiative.org/files/step/_documents/StEP_WP_One%20Global%20Definition%20of%20E-waste_20140603_amended.pdf)>. Acesso em: 20 mar 2015.

TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. **Controle ambiental de resíduos**. Barueri, SP: Ed. Manole, 2004.

UE – UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2002/96/CE**. 2002. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32002L0096>>. Acesso em: 30 maio 2015.

US-EPA – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Time Lag and Composition of Durable Goods**. 2014. Disponível em: <[http://archive.epa.gov/wastes/conservation/tools/recmeas/web/pdf/08\\_tim\\_lag\\_comp\\_durble\\_gds\\_meth.pdf](http://archive.epa.gov/wastes/conservation/tools/recmeas/web/pdf/08_tim_lag_comp_durble_gds_meth.pdf)>. Acesso em: 15 jun 2015.

VEIT, H. M. **Geração e Destino dos Resíduos Eletroeletrônicos**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 7. Porto Alegre. 2010.

WANG, Y.; RU, Y.; VEENSTRA, A.; WANG, R.; WANG, Y. Recent Developments in Waste Electrical and Electronics Equipment Legislation in China. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 47, p. 437-448. 2010.

WIDMER, R.; OSWALD-KRAPF, H.; SINHA-KHETRIWAL, D.; SCHNELLMANN, M.; BONI, H. Perspectivas Globais Sobre E-Lixo. **InterfacEHS – Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**. v. 8, n. 1, 2013.

WILKINSON, S.; DUFFY, N. Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Collection Trial in Ireland. **Environmental RTDI Programme 2000-2006**. 2001.

ZENG, X.; LI, J.; STEVELES, A. L. N.; LIU, L. Perspective of Electronic Waste Management in China Based on a Legislation Comparison Between China and the EU. **Journal of Cleaner Production**, v. 51, p. 80-87. 2013.

ZENI, A. M.; MACEDO, M.; FREITAS FILHO, F. L.; HURTADO, A. L. B.; OLIVEIRA, I. L. Tecnologias para o Tratamento e Reciclagem de Resíduo Eletrônico como Práticas Sustentáveis Inovadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2. **Anais...** Ponta Grossa: ABREPRO, 2012.

**ANEXOS**