

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA POLITÉCNICA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL**

**LUCAS REGGI REIS SILVA**  
**PAULO HENRIQUE SIMON IKEZIRI**  
**RICARDO MOREIRA LISBOA**  
**THIAGO MORISHITA MOTA FERREIRA**

**DIAGNÓSTICO DE UMA UNIDADE RECEPTORA E PROCESSADORA DE**  
**RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS**

**São Paulo**  
**2016**

**LUCAS REGGI REIS SILVA  
PAULO HENRIQUE SIMON IKEZIRI  
RICARDO MOREIRA LISBOA  
THIAGO MORISHITA MOTA FERREIRA**

**DIAGNÓSTICO DE UMA UNIDADE RECEPTORA E PROCESSADORA DE  
RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS**

Projeto de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo,  
no âmbito do Curso de Engenharia Ambien-  
tal

Orientadora: Prof. Dra. Wanda Maria Risso  
Günther

**São Paulo  
2016**

### Catlogação-na-publicação

IKEZIRI, PAULO HENRIQUE SIMON  
DIAGNÓSTICO DE UMA UNIDADE RECEPTORA E PROCESSADORA  
DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS / P. H. S.  
IKEZIRI, L. R. REIS SILVA, R. M. LISBOA, T. M. M. FERREIRA -- São Paulo,  
2016.

102 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São  
Paulo. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental.

1.LOGÍSTICA REVERSA DE REEE 2.POLÍTICA NACIONAL DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS 3.RESÍDUOS SÓLIDOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS  
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de  
Engenharia de Hidráulica e Ambiental II.t. III.REIS SILVA, LUCAS REGGI  
IV.LISBOA, RICARDO MOREIRA V.FERREIRA, THIAGO MORISHIRA MOTA

## **Agradecimentos**

Gostaríamos de agradecer à Prof. Dra. Wanda Maria Risso Günther por nos acolher como orientados nesse nosso último projeto da Universidade de São Paulo. Obrigado professora por ser paciente, nos atender sempre que solicitado, nos instruir e guiar, obrigado por seus comentários, sugestões e cobranças. Assim como a Profa. Wanda, agradecemos também à Dra. Ângela Cassia Rodrigues por compartilhar conosco seus trabalhos e comentários, obrigado por nos proporcionar um ponto de partida em nosso trabalho. Agradecemos a Antonio Reis Silva Filho, o Tio Toni, por nos disponibilizar seu escritório diversas vezes, sem restrições. Pudemos nos concentrar e desenvolver nosso estudo sem distrações, obrigado. Por fim agradecemos a nossos pais e família, por nos proporcionarem tudo que temos e nos darem as condições necessárias para chegarmos aonde chegamos. Obrigado.

## Resumo

A presente pesquisa propõe melhorias nos processos de uma pequena unidade receptora e processadora de REEEs na cidade de São Paulo, bem como verificar sua viabilidade e sustentabilidade. O trabalho subdividiu-se em cinco fases: (i) a revisão bibliográfica que se baseou em determinar e descrever a metodologia de estudo, quais seriam as etapas a serem seguidas para que nosso objetivo fosse atingido; (ii) contextualização, descrição técnica de categorias de REEEs, seus impactos e periculosidades para o ambiente. Contou com a descrição do cenário brasileiro, seu mercado, leis e normativas e ainda com um levantamento de tecnologias e metodologias de gestão que envolvem os processos de logística reversa; (iii) análise de um estudo de caso de uma pequena unidade receptora e processadora de REEEs, descrever suas atividades operacionais de maneira a identificar possíveis oportunidades de melhoria; (iv) entrevistas pessoais com atores e especialistas do setor de REEEs foram realizadas a fim de prover informações atuais e práticas do mercado e (v) conclusão e recomendações sobre tudo que foi levantado e analisado nas etapas anteriores, de maneira a apresentar as oportunidades de melhorias e encaminhar possíveis alternativas para solucioná-las. De modo geral, após a realização do trabalho, percebeu-se que a problemática dos REEEs tendem a aumentar no planeta inteiro e enquanto os países desenvolvidos já apresentam soluções para esses problemas, tanto no quesito de leis e normativas quanto em ações implementadas, no Brasil existe uma busca, do governo e da sociedade, em acompanhar esse movimento, embora de uma maneira mais lenta.

## Lista de ilustrações

Figura 1 – Características das linhas de equipamentos elétricos e eletrônicos .	20
Figura 2 – Composição básica dos materiais presentes nos objetos de estudo	21
Figura 3 – Fluxograma de produtos e materias na cadeia pós consumo de EEEs	41
Figura 4 – Croqui com as seções de manufatura reversa e esquema logístico interno (fora de escala) . . . . .	56
Figura 5 – Visão geral do galpão - Vista da entrada . . . . .	56
Figura 6 – Visão geral do galpão - Vista dos fundos . . . . .	57
Figura 7 – Setor de triagem de equipamentos (1) . . . . .	57
Figura 8 – Setor de triagem de equipamentos (2) . . . . .	58
Figura 9 – Setor de estoque de entrada . . . . .	58
Figura 10 – Setor de manufatura reversa (1) . . . . .	59
Figura 11 – Setor de manufatura reversa (2) . . . . .	59
Figura 12 – Setor de manufatura reversa (3) . . . . .	60
Figura 13 – Setor de triagem de materiais . . . . .	60
Figura 14 – Setor de estoque de saída . . . . .	61
Figura 15 – Área administrativa (1) . . . . .	61
Figura 16 – Área administrativa - “Museutech” Loop . . . . .	62
Figura 17 – Depósito de ferramentas (1) . . . . .	62
Figura 18 – Depósito de ferramentas (2) . . . . .	63
Figura 19 – Caminhão de coleta . . . . .	63

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Justificativas de escolhas das categorias de REEEs . . . . .	17
Tabela 2 – Categorias de EEEs definidas pela Diretiva 2011/65/UE . . . . .	18
Tabela 3 – Materiais usados na fabricação de TRC . . . . .	23
Tabela 4 – Composição das diferentes partes do TRC . . . . .	24
Tabela 5 – Principais metais pesados presentes nos componentes de televisores de TRC . . . . .	25
Tabela 6 – Substâncias presentes nos computadores pessoais . . . . .	26
Tabela 7 – Composição das lâmpadas fluorescentes tubulares . . . . .	26
Tabela 8 – Possíveis Implicações/Consequências . . . . .	28
Tabela 9 – Comparativo de ações antes e depois da PNRS, por ator envolvido	34
Tabela 10 – Principais conceitos abordados na 3ª Reunião do GT (27 e 28 de julho de 2010) . . . . .	39
Tabela 11 – Etapas do processo de gestão de REEEs . . . . .	42
Tabela 12 – Avaliação dos pontos observados . . . . .	64

## Lista de abreviaturas e siglas

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABS	Polímero acrilonitrilo-butadieno-estireno
CEDIR	Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DF	Distrito Federal
EEE	Equipamento elétrico e eletrônico
EPI	Equipamento de proteção ambiental
FGV - EAESP	Fundação Getúlio Vargas - Escola de Administração de Empresas de São Paulo
FTIR	Fourier Transform Infrared Radiation
GT	Grupo de Trabalho
GT	Grupo de trabalho
HIPS	Poliestireno - High-Impact Polystyreners
HP	Hewlett-Packard
LCD	Liquid crystal display - Display de cristal líquido
LED	Light Emitting Diode - Diodo Emissor de Luz
LF	Lâmpadas fluorescentes
ONG	Organização não governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PCI	Placas de circuito impresso
PNRS	Política nacional de resíduos sólidos
REEE	Resíduo de equipamentos elétricos e eletrônicos
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMA	Secretária do Meio Ambiente
TI	Tecnologia da informação
TRC	Tubo de raios catódicos
UE	União Européia
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
USP	Universidade de São Paulo

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>13</b>
2.1	<b>Objetivo Geral</b>	<b>13</b>
2.2	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Metodologia</b>	<b>14</b>
3.1	Revisão da literatura	14
3.2	Revisão do marco legal regulatório nacional	14
3.3	Planejamento e seleção do estudo de caso	15
3.4	Visitas técnicas com registro de dados fotográficos	15
3.5	Entrevistas iniciais	15
3.6	Escolha das categorias de REEEs a serem estudadas	16
3.7	Entrevistas adicionais	17
<b>4</b>	<b>Revisão da Literatura</b>	<b>18</b>
4.1	Caracterização dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos	18
4.1.1	<b>Definição de equipamentos elétricos e eletrônicos (EEEs)</b>	<b>18</b>
4.1.2	<b>Definição de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEEs)</b>	<b>20</b>
4.1.3	<b>Substâncias presentes nos REEEs</b>	<b>20</b>
4.1.4	<b>Substâncias presentes nos televisores de TRC</b>	<b>21</b>
4.1.5	<b>Substâncias presentes nos computadores</b>	<b>25</b>
4.1.6	<b>Substâncias presentes nas lâmpadas fluorescentes</b>	<b>26</b>
4.1.7	<b>Principais aspectos e impactos ambientais</b>	<b>27</b>
4.2	Cenário atual	29
4.2.1	<b>Em âmbito mundial</b>	<b>30</b>
4.2.2	<b>Cenário Brasileiro</b>	<b>31</b>
4.2.3	<b>Leis e regulamentos relacionados aos REEEs</b>	<b>33</b>
4.3	Gestão e logística reversa de REEEs	39
4.3.1	<b>Normas e procedimentos</b>	<b>39</b>
4.3.2	<b>Principais atores e processos envolvidos na gestão de REEEs</b>	<b>40</b>
4.3.3	<b>Tecnologias aplicáveis na gestão de REEEs</b>	<b>43</b>
4.3.4	<b>O mercado de logística reversa</b>	<b>45</b>
4.4	Ergonomia	50
<b>5</b>	<b>Estudo de caso: Loop - Logística Reversa</b>	<b>52</b>

5.1	Modelo de negócios . . . . .	52
5.2	Resultado das visitas técnicas e entrevistas iniciais . . . . .	53
5.2.1	<b>Caracterização do local</b> . . . . .	54
5.2.2	<b>Croqui do local e imagens ilustrativas</b> . . . . .	55
5.2.3	<b>Condições ambientais e de segurança do trabalho</b> . . . . .	64
5.2.4	<b>Ergonomia</b> . . . . .	65
6	<b>Resultado das entrevistas adicionais</b> . . . . .	67
6.1	Entrevista com o ex-sócio 1 . . . . .	67
6.2	Entrevista com o ex-sócio 2 . . . . .	68
6.3	Entrevista com especialista de logística reversa . . . . .	69
7	<b>Aspectos positivos e negativos do caso estudado</b> . . . . .	72
8	<b>Conclusões</b> . . . . .	77
9	<b>Recomendações</b> . . . . .	79
	<b>Referências</b> . . . . .	81
	<b>APÊNDICES</b>	87

# 1 Introdução

O presente trabalho de graduação tem como tema principal o estudo do mercado de logística reversa e a aplicação de conceitos da gestão de resíduos sólidos, mais especificamente de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEEs).

O aumento do consumo de equipamentos elétricos e eletrônicos (EEEs) nos últimos anos tem resultado em um crescimento na taxa de geração desse tipo de resíduo (ABINEE, 2013) . Por se tratarem de resíduos compostos por uma grande variedade de materiais, sendo muitos deles potencialmente perigosos ao meio ambiente e aos seres humanos, os REEEs têm recebido maior atenção da sociedade (WIDMER et al., 2005) . Além da preocupação ambiental, o descarte de REEEs também tem reflexos sob o ponto de vista socioeconômico. Uma vez corretamente destinados, por possuírem elevado valor comercial devido à presença, dentre outros materiais, de metais como ouro e prata, tais resíduos podem gerar empregos e movimentar a economia (UNESCO, 2008).

Outro aspecto importante relacionado a este tema é a má gestão dos REEEs no Brasil, sendo ainda escassas e embrionárias as iniciativas, tanto públicas como privadas, que viabilizem o correto descarte e reaproveitamento deste tipo de produto ou resíduo. Ainda há um restrito número de empresas privadas especializadas na coleta, segregação, reciclagem e disposição final dos REEEs (SANT'ANNA; MACHADO; BRITO, 2015).

Em termos de iniciativas estatais, a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2010, começou a exercer pressão legal sobre os diversos atores da indústria de EEEs. Dentre os principais aspectos abordados pela lei ressaltam-se:

- 1) O compromisso dos fabricantes na consideração do ciclo de vida do produto durante todas as fases de produção, consumo e descarte;
- 2) A responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, pela minimização do volume de resíduos, bem como pela correta destinação pós-consumo, e
- 3) A aplicação da logística reversa. Dessa forma, mesmo sem estar implementada, a PNRS ressalta a necessidade de mudança radical na postura de toda a cadeia produtiva sobre os processos de geração e destinação dos resíduos sólidos, incluindo os REEEs (BRASIL, 2010).

Em decorrência da PNRS, o governo federal publicou um edital de chamamento para um acordo setorial de implantação de sistemas de logística reversa de EEEs, em 13 de fevereiro de 2013, voltado para os REEEs de origem domiciliar. Apesar disso, poucos desdobramentos práticos foram divulgados ou implementados até o momento. As prováveis razões para tal situação são os muitos requisitos a serem cumpridos na proposição do acordo setorial e a conseqüente falta de interesse de muitos fabricantes, importadores e distribuidores em participarem do processo (SANT'ANNA; MACHADO; BRITO, 2015).

Na esfera privada, a maioria dos fabricantes e comerciantes de aparelhos celulares não cumprem o previsto na PNRS (SILVEIRA; CHANG, 2010). Nesse rol, incluem-se empresas como Sony Ericsson, LG, Samsung, Nokia e Motorola que não oferecem um sistema de retorno dos aparelhos em suas sedes, lojas ou assistências técnicas. O mesmo ocorre no varejo de EEEs, nenhuma das grandes lojas do varejo como Ricardo Eletro ou Casas Bahia apresentam programas de retorno ou reciclagem de seus produtos (AL, 2012).

Essa falta de iniciativa criou um mercado diverso de logística reversa de REEEs; nessa frente existem diversos tipos de atores com modelos de negócios diferentes. Alguns optam pela instalação de pontos de recolhimento, outros pagam aos consumidores para a coleta de certos materiais, em geral com um maior valor agregado, e outros fazem o oposto, cobram pelo recolhimento e tratamento adequado do resíduo. Por se tratar de um mercado relativamente novo, ainda não há um consenso sobre qual é o modelo mais eficiente e apropriado, gerando assim dúvidas na hora do cliente escolher qual tipo de empresa escolher para descartar seus REEEs.

No Estado de São Paulo, a Secretaria do Meio Ambiente (SMA), por meio da Resolução no.45 de 23 de junho de 2015, definiu as diretrizes para a implementação e operacionalização da responsabilidade pós consumo. Entre os produtos contemplados na resolução estão os EEEs e seus componentes, incluindo as lâmpadas fluorescentes e de vapor metálico (RIBEIRO, 2014a).

Com isso em vista, apresentaremos mais adiante nosso estudo de caso no setor, que consiste na caracterização de um ator dessa cadeia, uma pequena unidade receptora e processadora de REEEs. Tendo caracterizado nosso estudo de caso, identificamos as dificuldades envolvidas no processo, apontamos pontos negativos e positivos e apresentamos nossas recomendações e conclusões sobre o tema.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo Geral**

Diagnóstico de uma pequena unidade receptora e processadora de REEEs de pequeno porte na cidade de São Paulo, com a finalidade de propor melhorias nos processos e verificar sua sustentabilidade.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar o cenário do mercado de REEEs no Brasil, com enfoque nos impactos da gestão de tais resíduos.
- Elaborar um diagnóstico da gestão de REEEs do caso estudado, suas atividades operacionais e seu papel no mercado de atuação.
- Identificar as dificuldades e as qualidades da gestão de REEEs no processo estudado.
- Avaliar a gestão e operação do caso selecionado para identificar oportunidades de melhoria no setor.

### 3 Metodologia

Este capítulo apresenta os métodos e procedimentos utilizados para a realização deste trabalho. Como ferramenta metodológica foi escolhido o estudo de caso, pois o mesmo apresenta um embasamento científico e aumenta o entendimento sobre eventos reais e contemporâneos (MIGUEL, 2007).

Inicialmente, para a definição de uma estrutura conceitual-teórica, é realizada a revisão da literatura, delimitando o que são EEEs e REEEs, seus componentes, substâncias e principais aspectos e impactos ambientais. Além disso, são definidas as principais categorias de REEEs e aquelas que serão objeto de estudo e porquê. Em seguida, para o planejamento do estudo de caso, são levantadas informações acerca do mercado de logística reversa para REEEs, seus principais atores, assim como suas leis e normativas. No próximo passo, é apresentado a seleção do caso a ser estudado e as técnicas de coleta e análise de dados a serem aplicadas por ocasião das visitas técnicas e entrevistas realizadas. Ao final, é apresentado a avaliação do processo estudado e as conclusões relacionadas à teoria estudada e recomendações.

#### 3.1 Revisão da literatura

A fim de construir um arcabouço teórico e conceitual sobre o tema em estudo, foi realizado um levantamento de dados com base em artigos, livros, reportagens e demais estudos. As áreas de conhecimento abordadas foram engenharia ambiental, gestão de resíduos sólidos, ergonomia, segurança do trabalho, avaliação de impactos ambientais, direito ambiental e sustentabilidade. Foram priorizadas fontes posteriores à introdução da PNRS no Brasil em 2010, no entanto foram considerados também trabalhos pertinentes anteriores a essa data. Não estando somente restrito ao universo brasileiro, estudos e experiências realizadas em outros países, principalmente no Japão, na Europa e nos Estados Unidos, também foram contemplados para comparação.

#### 3.2 Revisão do marco legal regulatório nacional

Foi feito um levantamento das principais legislações e normativas relacionadas aos REEEs, com foco no Brasil principalmente. Realizou-se também uma contextualização do cenário anterior e posterior à PNRS, instituída em 2010 e marco legal para a questão dos resíduos sólidos no país. Em seguida, foi realizada uma análise de como a PNRS está impactando e orientando a gestão de resíduos sólidos no país. Além disso, é apresentado o conceito de logística reversa, que está presente no marco regulatório e que tem estreita relação com a temática estudada.

### 3.3 Planejamento e seleção do estudo de caso

Inicialmente foi feito um levantamento do mercado, a fim de identificar seus principais atores e processos. A partir deste estudo, as pequenas unidades receptoras e processadoras de REEEs foram escolhidas como o principal foco do trabalho, considerando sua importância atual como um dos elos menos estudados da cadeia da responsabilidade pós-consumo. Tal escolha se deve também ao fato desse tipo de instituição ter o potencial de adquirir relevância para a logística reversa, especialmente após a PNRS.

Dentro desse universo de atores, foi selecionada uma empresa localizada na cidade de São Paulo, a Loop - Logística Reversa. Fundada por um engenheiro ambiental formado na Escola Politécnica da USP, a empresa se mostrou uma boa opção de estudo, devido à maior facilidade de acesso às informações e por apresentar as características ideais de tamanho e complexidade para um estudo de trabalho final de curso de graduação.

Por iniciativa dos sócios, em meados de setembro de 2016, a Loop passou por um processo de reestruturação societária. Como consequência houve uma modificação no modelo inicial de negócios da empresa. Dessa forma, a metodologia deste estudo foi adaptada conforme descrita e detalhada no item 3.7.

### 3.4 Visitas técnicas com registro de dados fotográficos

Após contato inicial com um dos sócios da empresa, foi realizada uma visita técnica inicial às instalações da Loop em março de 2016. Inicialmente foi feito o reconhecimento das instalações e das etapas de trabalho, assim como o levantamento de informações sobre a logística operacional e os processos que ocorrem dentro da empresa. Visitas adicionais foram realizadas em agosto de 2016 para observação e registro dos principais pontos positivos e negativos dos processos organizacionais da Loop, bem como o tratamento dado aos REEEs, de modo a embasar um diagnóstico situacional. As observações foram registradas por meio de anotações em caderno de campo, assim como as situações captadas por meio de registro fotográfico.

### 3.5 Entrevistas iniciais

Com base em um roteiro semiestruturado, foi realizada uma primeira entrevista com os sócios da Loop, subdividida em duas partes. Uma parte relativa às responsabilidades de cada sócio e outra sobre o funcionamento da empresa como um todo.

A fim de atingir nossos objetivos, foram selecionados para abordagem os seguintes tópicos mais relevantes para serem abordados na entrevista:

- História da Loop
- Principais atividades e organização
- Modelo de negócios
- Aspectos administrativos
- Aspectos legais
- Aspectos operacionais
- Mercado de atuação
- Principais resíduos recebidos e processados

### 3.6 Escolha das categorias de REEEs a serem estudadas

A partir da revisão da literatura e da visita técnica inicial, foi constatado que existem três categorias de REEEs de maior relevância para o caso estudado. Dessa forma, o escopo de um estudo mais aprofundado foi delimitado nessas três principais categorias de resíduos. A indicação e justificativa da seleção dessas categorias é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Justificativas de escolhas das categorias de REEEs

<u>Resíduo</u>	<u>Justificativa</u>
Televisores de tubo de raio catódico (TRC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentam maior dificuldade de estocagem devido à variação tamanho, peso e formato.</li> <li>• Demandam um complexo processo de desmonte devido à grande variedade de materiais em sua composição.</li> <li>• Grande movimento de substituição por novas tecnologias, como plasma, LCD e LED.</li> </ul>
Lâmpadas fluorescentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representam cerca de 90% do volume de resíduos recebidos na Loop.</li> <li>• Ciclo de vida relativamente curto</li> <li>• Tendência de substituição por novas tecnologias, como LED.</li> </ul>
Computadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes apresentam um alto valor agregado.</li> <li>• Demandam um complexo processo de desmonte devido à grande variedade de materiais em sua composição.</li> <li>• Mercado dinâmico de alta substituição por novas tecnologias e componentes.</li> </ul>

Fonte: Loop (2016)

### 3.7 Entrevistas adicionais

Como descrito anteriormente no item 3.3, a empresa em questão passou por um processo de mudança de modelo de negócios. Um dos sócios escolheu sair da empresa e seguir uma outra perspectiva de abordagem do mercado.

Em decorrência dessa mudança, nossa metodologia foi adaptada para melhor abordar a situação. Nesse sentido, foram realizadas três entrevistas semi estruturadas, uma com cada ex sócio e uma terceira com um especialista da área de logística reversa de REEEs, Flávio de Miranda Ribeiro, que é também o responsável pela regulamentação de logística reversa no estado de São Paulo.

## 4 Revisão da Literatura

### 4.1 Caracterização dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos

#### 4.1.1 Definição de equipamentos elétricos e eletrônicos (EEEs)

Atualmente a definição de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEEs) mais aceita mundialmente vem da Comunidade Europeia. A Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu no seu artigo 3º define EEEs como:

“Os equipamentos cujo funcionamento adequado depende de correntes elétrica ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos pertencentes às categorias definidas no Anexo I A da Diretiva 2002/96/CE e destinados à utilização com uma tensão nominal não superior a 1.000 V para corrente alternada e 1.500 V para corrente contínua” (Parlamento Europeu, 2003)

De acordo com a mesma publicação, os EEEs podem ser sub-categorizados de acordo com o Tabela 2:

**Tabela 2 – Categorias de EEEs definidas pela Diretiva 2011/65/UE**

	<u>Categorias</u>	<u>Exemplos</u>
1	Grandes Eletrodomésticos	• Geladeiras, Maquinas de lavar roupa e louça, etc
2	Pequenos eletrodomésticos	• Aspiradores, torradeiras, etc
3	Equipamentos de informática e de telecomunicações	• Computadores, impressoras, telefones celulares, etc

	<u>Categorias</u>	<u>Exemplos</u>
4	Equipamentos de consumo e painéis fotovoltaicos	• Televisores, aparelhos de DVD, etc
5	Equipamentos de iluminação	• Lâmpadas fluorescentes
6	Ferramentas eletroeletrônicas (com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes portes)	• Serras elétricas, máquinas de costura, etc
7	Brinquedos e equipamentos de lazer	• Jogos de vídeo games, máquinas caça-níqueis, etc
8	Dispositivos médicos ou acessórios, com exceção de todos os produtos implantados e infectados	• Equipamentos de radioterapia, cardiologia, etc
9	Instrumentos de monitoramento e controle	• Termostatos, detectores de fumaça, etc
10	Distribuidores automáticos	• Máquinas para sacar dinheiro, máquinas distribuidoras de bebidas, etc

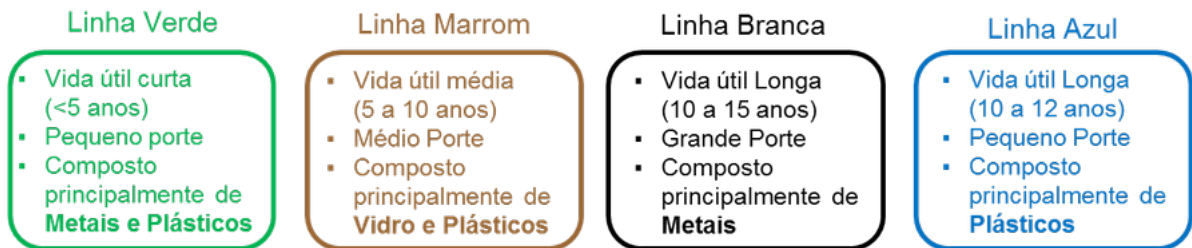
Fonte: Adaptado do Anexo I A, Parlamento Europeu (2003).

No Brasil, os EEEs, conforme a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), são divididos em 4 linhas:

- Linha Branca: refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar;
- Linha Verde: computadores desktop e notebooks, acessórios de informática, tablets e telefones celulares.
- Linha Marrom: monitores e televisores de TRC, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras;
- Linha Azul: batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras;

Cada uma dessas linhas possui características distintas, tais como porte, vida útil e principais constituintes, conforme apresentado na Figura 1.

**Figura 1 – Características das linhas de equipamentos elétricos e eletrônicos**



Fonte: ABDI (2012)

#### 4.1.2 Definição de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEEs)

De acordo com a Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu, definem-se resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEEs) como:

“Os equipamentos elétricos e eletrônicos que constituem resíduos, nos termos da alínea “a” do artigo 1º da Diretiva 75/442/CEE, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que este é descartado” (Parlamento Europeu, 2003)

Ou seja, os REEEs são os EEEs ao fim de sua vida útil. Idealmente, só chegam a esse ponto uma vez esgotadas todas as possibilidades de reparo, atualização ou reuso, entretanto alguns deles têm um ciclo de obsolescência mais curto. Em outras palavras, devido à introdução de novas tecnologias ou à indisponibilidade de peças de reposição, eles são substituídos e, portanto, descartados mais rapidamente.

#### 4.1.3 Substâncias presentes nos REEEs

Segundo (TOWNSEND, 2011), os REEEs podem ser categorizados da seguinte forma:

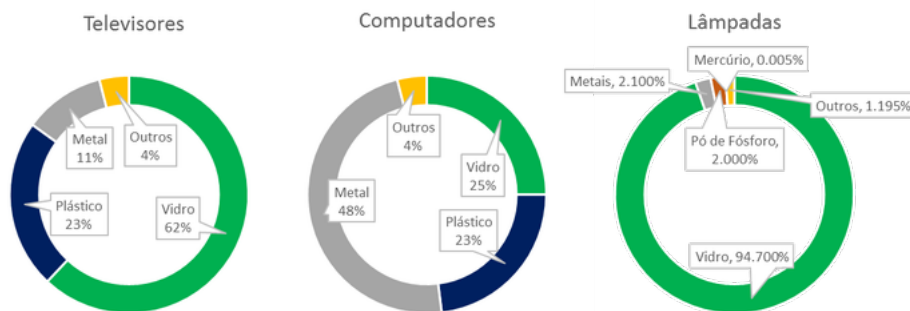
- Componentes físicos dos equipamentos, como por exemplo, fios e cabos, placas de circuito impresso (PCI), tubos de raios catódicos (TRC), baterias, dispositivos de iluminação, plásticos e motores (ou capacitores, compressores e transformadores).
- Componentes da escala elementar ou química, que descreve o conteúdo químico de metais tóxicos e preciosos ou de outros produtos químicos inorgânicos, como por exemplo, o chumbo, mercúrio, prata e ouro.

- Sobre os produtos químicos orgânicos, como, por exemplo, os retardantes de chama bromados, que são utilizados na composição dos fios e cabos dos EEEs.

Devido a essa grande quantidade de componentes e substâncias, a separação para processamento e eventual reciclagem tem complexidade, custo e impactos muito maiores do que aqueles exemplos mais conhecidos de materiais recicláveis, como é o caso das latas de alumínio, garrafas de vidro e outros (RODRIGUES, 2007).

Em termos gerais, a composição dos materiais caracteriza-se pela elevada presença de metais, vidro e plástico (CROWE, 2003). A Figura 2 apresenta a composição básica dos materiais presentes nos televisores de tubo de raio catódico (TRC), nos computadores e nas lâmpadas fluorescentes, principais alvos de estudo deste trabalho.

**Figura 2 – Composição básica dos materiais presentes nos objetos de estudo**



Fonte: Kang e Shoenung (2005) e Bacila, Fischer e Kolichesk (2014)

#### 4.1.4 Substâncias presentes nos televisores de TRC

O televisor é um dos EEEs mais populares no Brasil. Os primeiros aparelhos chegaram ao Brasil em 1950 trazidos por Assis Chateaubriand e, em 1954, surgiu o primeiro aparelho fabricado nacionalmente. Passados mais de 60 anos desse avanço tecnológico, em 2013 já se contavam mais de 63 milhões de televisores no Brasil (ELETROS, 2013) com várias tecnologias diferentes.

Existem quatro tipos de tecnologias mais comuns para a transmissão de imagem: a de transmissão por tubo de raios catódicos (TRC), a de painéis de plasma, a de cristal líquido (LCD) e a de diodo emissor de luz (LED):

- A tecnologia de transmissão de imagem do tipo TRC é a mais antiga e funciona baseada na emissão de um fluxo de elétrons através de um tubo. Tal fluxo é emitido por uma ponta de tubo e segue até colidir com uma máscara que fica na tela, chamada comumente de máscara de fósforo. Essa máscara, apesar de ser chamada de fósforo, contém preponderantemente outros elementos químicos (FRANCO; LANGE, 2011).

- Para se obter a imagem por meio da tecnologia de plasma, pequenas células (*pixels*) contendo partículas de fósforo (que correspondem ao vermelho, azul e verde) ficam dentro de um vidro e estão expostas a uma fina camada de gás plasma (neon e xênon). Com a passagem de impulsos elétricos enviados por uma grade dielétrica, a mistura é estimulada e o resultado é a emissão (altamente precisa) de raios ultravioletas. As células de fósforo absorvem essa energia ultravioleta e a irradia na forma de luz visível, produzindo as imagens que se consegue assistir na tela (FRANCO; LANGE, 2011).
- A tecnologia de LCD é mais sofisticada e utilizada também em monitores de computador e dispositivos portáteis como consoles móveis de jogos, telefones celulares, calculadoras e câmeras digitais. A imagem é formada porque as moléculas de cristal líquido são capazes de orientar a luz. Quando uma imagem é exibida em um monitor LCD, elementos elétricos presentes nas lâminas geram campos magnéticos que induzem o cristal líquido a “guiar” a luz que entra da fonte luminosa para formar o conteúdo visual (FRANCO; LANGE, 2011).
- Já os televisores de LED se assemelham muito com os modelos de LCD, tecnicamente, toda vez que nos referimos à “tela de LED” estamos falando de uma tela de LCD com painel de LED. O termo “tela de LED” se tornou popular comercialmente para diferenciar um modelo de outro, mas na prática ambos têm a mesma essência. O sinal de vídeo decodificado é enviado para a tela. Cada pixel recebe uma informação e a luz de fundo, atravessando o cristal líquido, é polarizada formando um ponto de cor. A grande diferença fica por conta de um auxílio de precisão de cor sobreposto à luz emitida.

Para o estudo proposto neste trabalho, vamos priorizar os estudos sobre os televisores de TRC, considerados os mais impactantes em termos ambientais e de saúde humana. Os plásticos representam 22,9% do peso desses aparelhos, porém são de difícil reciclagem, pois possuem em sua composição retardantes de chama bromados, o que implica potencial tóxico (MATSUTO; JUNG; TANAKA, 2004).

Os materiais usados na fabricação dos televisores de TRC, são indicados na Tabela 3:

**Tabela 3 – Materiais usados na fabricação de TRC**

<b>Materiais</b>	<b>% em massa</b>
Vidro	62,0
Plástico	22,9
Metais não-ferrosos	5,4
Metais ferrosos	5,3
Componentes eletrônicos	0,9
Outros	3,5
<b>Total</b>	<b>100,0</b>

Fonte: CROWE et al. (2003)

Segundo (LEE, 2000), o TRC corresponde a 50% do total em peso de um televisor que usa essa tecnologia, sendo o resíduo de maior periculosidade. A Tabela 4 mostra as substâncias presentes em diferentes partes do TRC.

Tabela 4 – Composição das diferentes partes do TRC

Item	Composição	Função
• Painel	• 0-4% de hidróxido de chumbo/óxidos metálicos alumino-silicatos	• Qualidade óptica do vidro; atenuação do raio-X; controle da variedade de cor
• Cone	• 22-28% hidróxido de chumbo/óxidos metálicos alumino-silicatos	• Aumento resistência do raio-X; controle viscosidade
• Pescoço	• 30% de hidróxido de chumbo/óxidos metálicos alumino-silicatos	• Igualar a expansão térmica do material do cone; absorção do raio-X
• Suporte	• 29% de hidróxido de chumbo	• Igualar a expansão do metal do fio alimentador; absorção do raio-X
• Canhão de elétrons	• Alumino-silicato de potássio	• Cristalização
• Vidro (frit)	• 70-85% de óxido de chumbo e borato de zinco	• Baixar a temperatura

Fonte: Lee (2000).

Segundo estudo elaborado por (MATSUTO; JUNG; TANAKA, 2004), outros componentes também possuem concentrações de chumbo e outros metais pesados, como mostrado na Tabela 5.

**Tabela 5 – Principais metais pesados presentes nos componentes de televisores de TRC**

<b>Componentes</b>	<b>Principais metais pesados presentes</b>
Cabos de energia elétrica	Chumbo, estanho e antimônio
Bobina desmagnetizada	Chumbo, estanho e antimônio
Placas de circuito impresso	Chumbo e antimônio
Canhão triplo tubo de imagem colorido	Chumbo e antimônio
Cone de vidro	Chumbo
Poeira de vidro do TRC	Chumbo e zinco
Gabinete plástico	Chumbo, cobre e estanho

Elaborado à partir de Matsudo et al.

#### **4.1.5 Substâncias presentes nos computadores**

Os computadores pessoais podem ser divididos em:

- Unidade Central de Processamento (CPU): gabinete e todos os seus componentes como placa de circuito impresso, placa mãe, chips, capacitores, conectores, discos drives, transformador, fios, cabo de alimentação, etc.
- Monitor: tubo de raio catódico (TRC) ou tela plana (LCD), circuitos e fios, cabos para CPU e cabo de alimentação.
- Impressora e seu conteúdo: tais como cartucho de tinta ou toner, fios, cabos para a CPU e cabo de alimentação.
- Dispositivos periféricos: teclado e mouse, scanner, CD, web câmera, alto-falantes, etc.

De acordo com a Silicon Valley Toxics Coalition (2004), as principais substâncias presentes nos computadores são apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6 – Substâncias presentes nos computadores pessoais**

<b>Substâncias</b>	<b>% em peso</b>	<b>Uso</b>
Plástico	23,0	Cabos e gabinetes
Chumbo	6,3	Placas de circuito impresso
Alumínio	14,2	Gabinetes, conectores, TRC, placas de circuito impresso
Ferro	20,5	Gabinetes, conectores, TRC
Cobre	6,9	TRC, placas de circuito impresso, conectores
Zinco	2,2	TRC, placas de circuito impresso
Outros	26,9	

Fonte: Silicon Valley Toxics Coalition (2004)

#### **4.1.6 Substâncias presentes nas lâmpadas fluorescentes**

Nikola Tesla, inventor sérvio nascido em 1856, criou a lâmpada fluorescente, que foi introduzida no mercado consumidor em 1938. As lâmpadas fluorescentes são lâmpadas de descarga com vapores de mercúrio, compostas de um filamento, um tubo de vidro cilíndrico preenchido com um gás nobre (na maior parte das vezes o argônio) e superfície interna coberta de pó fluorescente (fósforo) (BACILA; FISCHER; KOLICHESKI, 2014). Os componentes das lâmpadas fluorescentes tubulares são apresentados na Tabela 7:

**Tabela 7 – Composição das lâmpadas fluorescentes tubulares**

<b>Componentes</b>	<b>% em massa</b>
Vidro	95
Metais	2
Pó de fósforo	2
Mercúrio	0,005
Outros	0,995

Fonte: BACILA; FISCHER; KOLICHESKI (2014)

No Brasil, o uso desse tipo de lâmpada aumentou muito desde o início dos anos 2000, devido à crise energética vivida pelo país nessa época. As vantagens em se utilizar esse tipo de lâmpada estão em seu baixo consumo energético (cerca de 80% a menos que das incandescentes comuns), alta eficiência energética, por converterem mais energia em luz do que em calor e maior durabilidade. Podem ser aplicadas em

diversas situações, desde o uso doméstico até o industrial como iluminação geral (BACILA; FISCHER; KOLICHESKI, 2014).

#### **4.1.7 Principais aspectos e impactos ambientais**

De acordo com um relatório da UNESCO (2008), determinados processos de reciclagem, como trituração, moagem, queima e derretimento de componentes, podem liberar gases nocivos ou pós que, quando emitidos ou lixiviados no solo, podem ter impactos nocivos à saúde e ao ambiente. Praticadas principalmente em alguns países em desenvolvimento, as redes informais de reciclagem de REEEs empregam técnicas como a queima a céu aberto, sem adequados aparatos de segurança necessários para proteger a saúde dos trabalhadores envolvidos.

Todavia, segundo a UNESCO (2008) os EEEs representam pouca ou nenhuma ameaça à saúde humana de uma maneira geral, desde que utilizados de forma adequada. Isso ocorre, pois as substâncias nocivas estão em sua forma sólida e não representam qualquer preocupação em relação à saúde humana. Por isso, as atividades relativas à manipulação, incluindo a desmontagem manual, a reparação e a recuperação ou atualização pode ser seguramente realizada por trabalhadores, desde que sejam cuidadosamente monitorados e com práticas adequadas de segurança.

A Tabela 8 sintetiza as principais consequências ambientais decorrentes da gestão dos REEEs.

**Tabela 8 – Possíveis Implicações/Consequências**

- 
- 
- Emissões de toxinas em aterros e lixões a céu aberto
  
  - Contaminação do solo, ar e água
  
  - Contaminação de rios e águas subterrâneas com substâncias tóxicas e metais pesados
  
  - Contaminação dos seres humanos
  
  - Redução da utilização de matérias primas virgens
- 
- 

Fonte: PUCKETT (2002), HUO et al. (2007), WILLIAMS et al. (2007) e UNESCO (2008)

#### Televisores e computadores

Segundo Williams et al. (2008), os principais impactos são geralmente as emissões potenciais de substâncias perigosas das disposições de EEEs em aterros e os impactos sobre os trabalhadores e as comunidades envolvidas em operações de reciclagem informal nos países em desenvolvimento. Em relação às emissões de compostos perigosos, em função dos computadores conterem substâncias tóxicas, como chumbo, arsênio, mercúrio, ocorre a contaminação do solo, do ar e da água em função dos processos de extração caseiros.

Williams et al. (2008) mencionam os impactos da disposição de metais pesados na água decorrente da lixiviação ácida de Placas de Circuito Impresso próxima de rios e da combustão ao ar livre de REEEs. Sobre os impactos nos trabalhadores da reciclagem informal, evidenciam que as práticas caseiras de reciclagem de computadores pessoais aumentaram em países como China, Índia e Nigéria. Nestes locais, um procedimento comum que ilustra esta prática refere-se aos fios dos computadores, que são queimados em locais abertos para remover o plástico e recuperar o cobre. As Placas de Circuito Impresso também são processadas com métodos caseiros, muitas vezes ao lado de córregos e rios. Destas placas, os trabalhadores extraem cobre e metais preciosos usando ácido, cianeto e/ou mercúrio sem as devidas precauções.

### Lâmpadas fluorescentes

O risco ambiental de contaminação de uma única lâmpada fluorescente pode ser considerado como quase nulo (BACILA; FISCHER; KOLICHESKI, 2014). Entretanto, levando em consideração que no Brasil existe uma geração anual de resíduos de lâmpadas fluorescentes (LF) estimada em 206 milhões de unidades e que o uso vem aumentando significativamente, principalmente, devido à política de banimento das lâmpadas incandescentes, tem-se como consequência o surgimento de uma problemática ambiental relacionada à destinação pós consumo desses produtos.

De acordo com Hu e Cheng (2012), caso milhões de lâmpadas sejam quebradas, a massa cumulativa de mercúrio pode ser significativa. Segundo Polanco (2007), o mercúrio é um componente essencial para o funcionamento das LFs e está relacionado à longa vida útil e à eficiência energética. A quantidade desse metal pesado é medida geralmente em miligramas e tem variação por tipo de lâmpada e fabricante.

Os impactos ambientais associados às LFs ocorrem principalmente pela presença do mercúrio na sua composição. Segundo Pawlowski (2011), o mercúrio representa uma ameaça para o meio ambiente global, pois é um poluente tóxico, persistente e bioacumulativo, o qual está se dispersando continuamente através da superfície terrestre. Por ser persistente, não pode ser eliminado e permanece no meio ambiente.

O mercúrio contido em LFs pode ser liberado para as matrizes solo, ar e água. A quantidade de mercúrio liberada nos EUA, no ano de 2000, foi de 41 t para o ar, 0,8 t para a água e 106 t para a matriz solo (CAIN et al., 2007). Outro estudo demonstrou que também pode ocorrer a conversão do mercúrio em substâncias mais tóxicas desse mesmo elemento (DURÃO JÚNIOR; WINDMÖLLER, 2008).

#### 4.2 Cenário atual

O mundo sofreu um grande processo de globalização nos últimos anos. Com o avanço da ciência, novas tecnologias surgem a todo momento, substituindo com grande rapidez produtos obsoletos, porém ainda novos. Podemos citar o caso de aparelhos telefônicos, no qual todo ano um ou dois novos modelos são lançados substituindo seus antecessores.

A questão a ser abordada nesta parte do trabalho é qual o destino daqueles objetos que deixaram de ser protagonistas e agora são descartados. Quais as responsabilidades envolvidas no descarte desses materiais e quais leis regem esse processo.

#### 4.2.1 Em âmbito mundial

Atualmente os maiores produtores per capita de REEEs são os países desenvolvidos e altamente industrializados (MACIEL, 2014), que em sua grande maioria estão situados no hemisfério norte. No entanto, grande parte desses resíduos aí gerados é destinada a países pobres do hemisfério sul, tais como Gana, na África, onde encontra-se atualmente o maior lixão eletroeletrônico do mundo, Agbogbloshie, que recebe um grande volume de REEEs vindos da Europa principalmente (ARAÚJO; SANTOS, 2015).

Muitos produtos que no passado eram bens duráveis, projetados para resistir ao tempo e funcionar por até quinze anos, como é o caso dos eletrodomésticos, tiveram que se adequar ao novo mercado e às necessidades e expectativas dos novos consumidores. Hoje as mesmas geladeiras, fogões e televisores duram cada vez menos, sendo substituídas com maior facilidade devido à grande oferta, variedade e condições de pagamentos variados.

Grandes empresas, muitas dessas multinacionais, acabam trocando de computadores a cada dois anos, isso decorrente da necessidade de estarem sempre atualizadas com as novas tecnologias, ou às vezes devido a contratos com empresas fornecedoras de EEEs. Dessa forma, os EEEs são progressivamente descartados e devolvidos ao mercado como resíduos.

Em uma parceria entre a ONU e a ONG internacional STEP, foi desenvolvido o que se chama “*e-waste world map*” (STEP, 2016). Em estudo mais recente divulgado, de 2014, foi relatada uma geração de 41,8 milhões de toneladas no mundo, uma média de 5,9 kg por habitante. A União Europeia, de acordo com a mesma fonte, foi responsável por 9,5 milhões de toneladas nesse mesmo período, com uma média de 18,7 kg por habitante. Como mencionado anteriormente, esse resíduo tem como destino, em grande parte, a África. O maior produtor de REEEs, em 2014, foi os EUA com 7 milhões de toneladas e uma média de 22,1 kg por habitante. A China, que é o país mais populoso do mundo, produziu no mesmo período 6 milhões de toneladas e teve uma média de 4,4 kg por habitante.

Em termos de logística reversa de REEEs, os EUA é o país com o maior número de regulamentos que caracterizam e definem todo o processo e responsabilidades na destinação dos REEEs, sendo assim uma referência mundial (STHIANNOPKAO; WONG, 2013)(STHIANNOPKAO; WONG, 2013)

Na maioria dos países se adotou o conceito de responsabilidade estendida do produtor para a implementação da logística reversa. Ou seja, os fabricantes são responsáveis pelos impactos ambientais decorrentes do uso e descarte de seus produtos, incluindo aí a gestão dos REEEs pós consumo. Entretanto, no Brasil se adotou a responsabilidade compartilhada, onde não só o fabricante é responsável, como também

são os outros atores envolvidos na cadeia (importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e os municípios, que são os responsáveis pela limpeza pública e manejo de resíduos sólidos). Na PNRS, a implementação deste conceito e como as responsabilidades serão divididas fica delegada a outros instrumentos a serem estabelecidos, tais como acordos setoriais, termos de compromisso ou regulamentos (RIBEIRO, 2014a).

Apesar da PNRS não tratar da logística reversa de REEEs especificamente, há muitas normas e definições mais avançadas já estabelecidas por órgãos e governos em outros países:

- Na Europa, desde 2002 as Diretivas 2002/96/CE e 2002/95/CE definem as regras para o tratamento e recuperação e também as restrições quanto ao uso de produtos perigosos nos EEEs. Além disso, na União Européia o modelo de responsabilização adotado é a responsabilidade estendida do produtor, ou seja, os fabricantes de EEEs são os responsáveis pela logística reversa de seus produtos, considerando o final de sua vida útil (pós consumo), inclusive após o uso pelos consumidores. Ainda são estabelecidos requisitos mínimos de tratamento dos resíduos e metas de coleta (RIBEIRO, 2014a).
- Na América do Norte a política tem sido mais por adesão voluntária das empresas e existem organizações setoriais empenhadas em normatizar os processos de gestão dos REEEs com base na logística reversa (SHEEHAN; SPIEGELMAN, 2005)
- No Japão os televisores de TRC, por exemplo, devem ser devolvidos aos revendedores que por sua vez levam os aparelhos aos mais de 380 locais de armazenagem (MATSUTO; JUNG; TANAKA, 2004) . Diferentemente do modelo europeu, os consumidores japoneses pagam uma taxa para a devolução dos produtos, que é na verdade uma quantia definida pelo revendedor, que por sua vez é estimulado a buscar maior eficiência e menores custos para atrair o consumidor. Por fim, a legislação japonesa traz ainda metas de reciclagem por tipo de produto (RIBEIRO, 2014a).

#### **4.2.2 Cenário Brasileiro**

O Brasil é um país de grandes extensões geográficas e possui uma população de pouco mais de 200 milhões de habitantes (IBGE, 2016). Vivemos em um país populoso, mas não povoado, a população se concentra em regiões específicas e em grandes cidades, como São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Porto Alegre, dentre outras. A grande preocupação quanto a esse tema é que a geração de REEEs também não é distribuída, pelo contrário, é concentrada. Por outro lado, o Brasil é mundialmente

conhecido por ter leis ambientais avançadas em alguns temas, no entanto, ainda está em processo de evolução quando se trata de REEEs (FRANCO; LANGE, 2011).

Ainda de acordo com o “*e-waste world map*” (STEP, 2016) o Brasil em 2014 produziu 1,4 milhão de toneladas de REEEs com uma média de 7,0 kg por habitante, pouco mais de 1,0 kg por habitante que a média mundial. O Brasil produz mais REEEs por habitante do que a China, país emergente com a economia em grande expansão.

Os problemas acarretados pelo descarte inadequado de REEEs, como comentado anteriormente, são de grande periculosidade à população e ao meio ambiente. Essa não é uma preocupação nacional apenas, é um tema discutido mundialmente.

Um dos nossos objetos deste estudo são os televisores de TRC, que hoje em dia já não são mais fabricados embora sejam descartados logo pois são obsoletos, de baixo valor comercial, têm tamanhos variados e são compostos de alguns produtos perigosos. Em empresas de logística reversa, esses televisores são um problema quanto ao armazenamento pois ocupam muito espaço. Mesmo não sendo mais fabricados, conforme estudo do IBGE (2016), em 2013, dos 63,3 milhões de domicílios no país, cerca de 34,5 milhões tinham apenas televisores de TRC, representando 58% do total, ainda estão em uso. Além disso, 97,2% dos domicílios tinham televisores, sejam de TRC, de tela plana, ou dos dois tipos. Mesmo sem serem fabricados, os televisores de TRC estão presentes e tendem a ser substituídos por novos mais modernos, o que implica em grande geração de resíduos decorrentes.

Recentemente, em 2015, houve uma grande discussão quanto ao consumo de energia no país; uma das consequências dessas discussões foi a proibição do comércio de lâmpadas incandescentes. Dessa forma, o mercado de lâmpadas econômicas como as de LED vem crescendo gradativamente.

Muitos são os tipos de lâmpadas comercializadas, temos as extintas incandescentes, as fluorescentes, as de vapor de mercúrio e sódio, as mistas, as LEDs, dentre outras. Muitas dessas lâmpadas possuem gases e produtos perigosos, mesmo em pequenas quantidades. No entanto, quando grandes empresas ou mesmo o setor público fazem a manutenção de suas instalações não trocam uma dúzia de lâmpadas, mas sim grande número, da ordem de centenas. Ainda é prática comum que em residências esses tipos de lâmpadas sejam descartados de qualquer forma, quebradas e que fiquem em contato direto com pessoas, com o solo e com animais.

De acordo com a Associação Brasileira de Iluminação (Abilux), 290 milhões de lâmpadas são vendidas por ano no Brasil. Em um estudo da ABILUX (2012), foi informado que 95% das lâmpadas fluorescentes no país são descartadas de maneira ilegal e ambientalmente incorreta. A PNRS, aprovada em 2010, diz que fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores devem recolher e dar um

destino adequado às lâmpadas usadas. Mas a lei ainda não foi implementada porque o assunto está sendo discutido pelo setor e pela sociedade.

Aprofundando-se novamente em outro mercado, temos também o caso dos computadores, que se avolumam pois todo ano novas tecnologias e avanços são lançados. Há cerca de 20 anos, na década de 1990, não se imaginava que em uma residência seria comum a presença de laptops, notebooks, tablets, dentre outros dispositivos. Computadores de mesa, grandes máquinas com monitores de TRC, CPU, estão sendo substituídos por aparelhos compactos e de última geração, tanto no ambiente profissional como nos equipamentos pessoais.

De acordo com uma pesquisa feita pela FGV - EAESP (MEIRELLES, 2014) , em 2014 um computador foi comprado por segundo no Brasil, totalizando uma venda de 27,8 milhões de computadores no ano. O mesmo estudo ainda estipulou que o Brasil tinha um total de 136 milhões de computadores em uso em 2014, incluindo aqueles instalados em empresas e em domicílios.

Como vemos, os números desses três objetos de estudo são relevantes e tendem a aumentar. Quando comparamos o consumo anual desses produtos com a população brasileira, hoje de pouco mais de 200 milhões de habitantes, nos gera o questionamento de o que acontece com todos esses produtos quando descartados pelos consumidores. Um problema que enfrentamos no Brasil até 2010, quando surgiu a PNRS, foi definir as responsabilidades e obrigações relacionadas a esses descartes.

### **4.2.3 Leis e regulamentos relacionados aos REEEs**

#### Política Nacional de Resíduos Sólidos

No dia 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), após duas décadas de amplo debate entre governo, setor acadêmico, setor produtivo e entidades civis, a lei que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi promulgada. A PNRS representa um marco para a sociedade brasileira no que toca à questão ambiental, com destaque para uma visão avançada na forma de tratar os resíduos sólidos urbanos. Traz uma concepção de vanguarda, ao priorizar e compartilhar, com todas as partes relacionadas ao ciclo de vida de um produto, a responsabilidade pela gestão integrada e pelo gerenciamento ambientalmente adequados dos resíduos sólidos. Dessa forma, o setor público, iniciativa privada e população ficam sujeitos à promoção do retorno dos produtos às indústrias após o consumo e obriga o poder público a realizar planos para o gerenciamento de resíduos sólidos. A lei também consagra o viés social da reciclagem, com o estímulo à participação formal dos catadores, organizados em cooperativas.

Dentre as diversas determinações da lei, destacam-se:

- 1) Fechamento de lixões: até 2014 não devem mais existir lixões a céu aberto no Brasil. No lugar deles, devem ser implantados aterros sanitários. Os aterros são impermeabilizados e seu solo é preparado para evitar a contaminação dos aquíferos freáticos. Captam o chorume que resulta da degradação dos resíduos orgânicos e podem contar com a queima do metano para geração de energia. Apesar dos esforços, essa meta não foi alcançada no prazo estabelecido;
- 2) Apenas rejeitos poderão ser encaminhados aos aterros sanitários: rejeitos são o material restante após esgotadas todas as possibilidades de reuso e reciclagem do resíduo sólido. Apenas 10% dos resíduos sólidos urbanos são considerados rejeitos. A maior parte do restante é de matéria orgânica, que pode ser reaproveitada em compostagem e transformada em composto orgânico; ou materiais recicláveis, que devem ser devidamente separados por meio de coleta seletiva. Embora não haja prazo para cumprimento dessa meta, considera-se um desafio sua implementação;
- 3) Elaboração de planos de resíduos sólidos em municípios: os planos municipais serão elaborados obrigatoriamente para ajudar prefeitos e cidadãos a descartar seus resíduos de maneira correta. Quando do prazo de cumprimento desta meta, agosto de 2012 (Araújo, 2015), somente 10% dos municípios brasileiros haviam cumprido a meta de elaboração de seu PGRSU.

A Tabela 9 caracteriza algumas mudanças significativas que a PNRS trouxe como proposta após seu estabelecimento:

**Tabela 9 – Comparativo de ações antes e depois da PNRS, por ator envolvido**

	<u>SITUAÇÃO ANTERIOR</u>	<u>EXPECTATIVA</u>
• <b>Poder Público</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de prioridade para os resíduos sólidos urbanos.</li> <li>Existência de lixões na maioria dos municípios. Resíduos orgânicos sem aproveitamento.</li> <li>Coleta seletiva cara e ineficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municípios farão um plano de metas sobre resíduos com participação de catadores. Os lixões precisam ser erradicados em 4 anos. Prefeituras passam a fazer a compostagem. É obrigatório controlar custos e medir a qualidade do serviço.</li> </ul>

	<u>SITUAÇÃO ANTERIOR</u>	<u>EXPECTATIVA</u>
• <b>Catadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploração por atravessadores e riscos à saúde. Informalidade. Problemas de qualidade e quantidade dos materiais. Falta de qualificação e de visão de mercado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Catadores reduzem riscos à saúde e aumentam renda em cooperativas. Cooperativas são contratadas pelos municípios para coleta e reciclagem. Aumenta a quantidade e melhora a qualidade da matéria prima reciclada. Trabalhadores são treinados e capacitados para ampliar produção.</li> </ul>
• <b>Iniciativa Privada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inexistência de lei nacional para nortear os investimentos das empresas. Falta de incentivos financeiros. Baixo retorno de EEs pós-consumo. Desperdício econômico sem a reciclagem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marco legal estimulará ações empresariais. Novos instrumentos financeiros impulsionarão a reciclagem. Mais produtos retornarão à indústria após o uso pelo consumidor. Reciclagem avançará e gerará mais negócios com impacto na geração de renda</li> </ul>
• <b>Consumidor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não separação do resíduo reciclável nas residências. Falta de informação. Falhas no atendimento da coleta municipal. Pouca reivindicações junto às autoridades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumidor fará separação mais criteriosa nas residências. Campanhas educativas mobilizarão moradores. Coleta seletiva aprimorada para recolher mais resíduos. Cidadão exercerá seus direitos junto aos governos.</li> </ul>

Fonte: ABDI (2012)

O principal ponto da PNRS para o nosso trabalho é o conceito de logística reversa. De acordo com a PNRS, logística reversa é definida como:

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

De maneira a cumprir as determinações da PNRS, a lei obriga fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, bem como de outros produtos cuja embalagem, após uso, seja considerada um resíduo perigoso, a (BRASIL, 2010):

- 1) Investir no desenvolvimento, fabricação e colocação no mercado de produtos aptos à reutilização, reciclagem ou outra forma de destinação ambientalmente adequada e cuja fabricação e uso gerem a menor quantidade possível de resíduos sólidos possível;
- 2) Divulgar informações relativas às formas de evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados a seus respectivos produtos;
- 3) Assumir o compromisso de, quando firmados acordos ou termos de compromisso com o município, participar das ações previstas no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, no caso de produtos ainda não inclusos no sistema de logística reversa.

Medidas tais como procedimentos de compra de produtos ou embalagens usadas e acesso a postos de coleta de REEEs, podem ser tomadas pelos mesmos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes.

O marco da PNRS é a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, consumidores e empresas intermediadoras. Cada parte tem sua responsabilidade no processo, conforme segue:

- Consumidor: efetuar a devolução correta de seus produtos e embalagens aos comerciantes, distribuidores ou responsáveis legais.
- Comerciantes e distribuidores: devolução dos produtos e/ou embalagens aos fabricantes.
- Fabricantes e importadores: destinação ambientalmente correta e adequada dos materiais, na forma estabelecida pelo órgão competente do SISNAMA (Brasil, 1981) e, caso haja, de acordo com planos municipais relacionados ao tema.

Um dos grandes desafios da logística reversa está no custo associado ao processo. Temos um país com território extenso e com as devidas complexidades logísticas de transporte. Esse é um dos motivos de este projeto levar em conta apenas a cidade de São Paulo, que além de focar em um território menor, porém complexo, é um grande polo de descarte de REEEs.

Em 1981, a Política Nacional de Meio Ambiente (Brasil, 1981) representou o primeiro passo para o país se tornar um dos países reconhecidos mundialmente por ter legislação ambiental avançada. Em 1998, foi sancionada a Lei de Crimes Ambientais (Brasil, 1998) que prevê a responsabilidade de pessoas físicas e jurídicas por infrações ambientais. Essa lei uniformizou o formato das punições e determinou o

fim da extinção de pena frente à comprovação de recuperação ambiental, ou seja, o que já foi prejudicado e danificado não pode ser substituído.

Apesar do grande avanço da legislação ambiental, os REEEs só eram mencionados em legislações específicas que abordavam apenas o pós-uso de pilhas e baterias em 1999, por meio da Resolução 257 do CONAMA (CARVALHO et al., 1999). Esta resolução sofreu alterações e evoluiu ao longo dos anos, resultando em novas resoluções sancionadas e as antigas modificadas.

Antes do surgimento da PNRS, diversos estados brasileiros apresentavam leis e decretos regulamentadores, tais como São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Rio de Janeiro, dentre outros mais, que traçavam a política de cada estado no setor de resíduos sólidos. A PNRS se sobrepõe constitucionalmente a todas essas leis e decretos e uniformiza a legislação para todo o país, cabendo como consequência uma revisão e ajustes nas políticas estaduais.

Com o advento da PNRS, torna-se responsabilidade obrigatória dos municípios e do Distrito Federal a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos em seus próprios territórios. Como mecanismo indutor, a PNRS estabelece os planos de resíduos sólidos como condição para os estados, DF e os municípios terem acesso a recursos da União. Priorizam-se soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, incluindo a elaboração e implementação de plano intermunicipal ou de planos microrregionais de resíduos sólidos. Reflexo da intenção da PNRS na inclusão social e valorização econômica da atividade dos catadores, são também priorizados os municípios que implantarem a coleta seletiva com a participação de catadores organizados em cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda.

Aos estados é atribuída a promoção da integração da gestão dos resíduos sólidos nas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, assim como o controle e fiscalização das atividades dos geradores sujeitas a licenciamento ambiental pelo órgão estadual competente. Também se atribui aos estados o papel de apoiar iniciativas consorciadas ou compartilhadas entre diferentes municípios (YOSHIDA, 1994). Do ponto de vista econômico, a União, os Estados, o Distrito Federal e os municípios, no âmbito de suas competências, poderão instituir normas com o objetivo de conceder incentivos fiscais, financeiros ou creditícios para apoiar ações de gestão dos resíduos sólidos.

A PNRS toma como instrumentos os acordos setoriais assim como os termos de compromisso e os regulamentos. Coloca como diretrizes um modelo oposto ao de comando e controle, valorizando a cooperação, a interação e o reconhecimento. Além de manter o princípio do poluidor-pagador, já consagrado no direito ambiental, a PNRS introduz o conceito do protetor-recebedor prevendo a possibilidade de compensação

financeira para aquele que promover a preservação do meio ambiente.

Até a promulgação PNRS, o modelo tecnológico adotado para quase todo o resíduo sólido urbano(exceto no caso de resíduos decorrentes de serviço de saúde) era o aterramento sanitário de resíduos, sem qualquer tratamento. Com a lei, somente rejeitos - materiais cujas possibilidades de reaproveitamento foram esgotadas - poderão ser aterrados. A PNRS não veda a utilização de incineração (fora dos casos em que ela é obrigatória), mas estabelece condições e exigências de tratamento e monitoramento de emissões.

Mesmo com a aprovação e iminente implementação da PNRS, os REEEs ainda carecem de definição mais clara em alguns pontos. Um desses pontos é sua classificação. Diferentes maneiras de enquadrar os materiais (na forma de produtos, resíduos ou rejeitos; e se considerados perigosos ou não) vão ocasionar diferentes obrigações de segurança ambiental e laboral, incluindo a exigência de licenciamento dos pontos de recebimento, a fiscalização sobre seu transporte, o uso de equipamentos de proteção, a eventual remuneração por insalubridade e outras. Além disso, o regime de tributação sobre a circulação e o tratamento dos REEE, além de refletir o interesse do poder público em incentivar ou coibir determinadas práticas, também varia conforme a classificação dos materiais. A titularidade dos materiais também é um fator importante para garantir amparo jurídico da logística reversa, pode ser necessário o preenchimento de um termo ou declaração de doação.

Em entrevista com um especialista do tema, o engenheiro Flávio De Miranda Ribeiro, assistente executivo da vice-presidência da CETESB, vimos que o cenário previsto pela PNRS não está de fato vigorando. A legislação encontra diversas dificuldades, inclusive já comentadas neste trabalho, tais como: a geografia nacional, a grande variedade de resíduos e a falta de classificação específica dos mesmos, e ainda a existência de diversas indústrias e setores empresariais que se protegem e buscam apenas seus próprios interesses.

A verdade é que a PNRS foi um grande passo para que a preservação do meio ambiente e a cobrança da responsabilidade das partes envolvidas estejam respaldadas legalmente. Podemos concluir que o cenário atual da implementação e cobrança dessas determinações ainda está em desenvolvimento por dois fatores: a lei ainda está em desenvolvimento e novas normativas específicas surgem (um processo lento) e setores industriais fortes freiam seu avanço no sentido de proteger fortemente seus interesses.

Compreendemos que apesar de o cenário da logística reversa não ter se modificado tanto desde a presença da PNRS, o modelo está caminhando, se adaptando e evoluindo. Foram identificadas oportunidades de mudança, por exemplo quanto a fatores geográficos e quanto à classificação dos resíduos (não podemos tratar, por exemplo, celulares da mesma maneira que tratamos embalagens de sabão em pó).

O processo de implementação da PNRS é evolutivo, o primeiro passo foi dado, a apresentação da política, o texto regulamentador, agora os próximos passos estão surgindo e barreiras estão sendo quebradas. Com certeza novas dificuldades vão aparecer com o passar dos anos e com o decorrer da evolução da política. O que é certo afirmar é que a PNRS é uma realidade e um processo de implementação, um primeiro passo importante para a evolução da nossa legislação ambiental.

#### 4.3 Gestão e logística reversa de REEEs

A seguir iremos detalhar melhor os principais aspectos e como funciona, em termos operacionais principalmente, um sistema de logística reversa de REEEs. Para tal, consideramos experiências internacionais, a realidade brasileira, novas tecnologias que podem auxiliar no processo e o mercado de logística reversa de REEEs no Brasil.

##### 4.3.1 Normas e procedimentos

A literatura brasileira descreve inúmeras maneiras de se realizar a gestão e a logística reversa dos REEEs, porém ainda não há uma legislação específica para este tipo de resíduo (BACHI, 2013). Em busca de uma padronização e orientação, bem como o encaminhamento para um futuro acordo setorial, os processos e procedimentos adequados foram definidos por um Grupo de Trabalho (GT) de REEEs consubstanciados em uma Proposta de Resolução do CONAMA (CONAMA, 2010). O GT foi instituído pelo Ministério do Meio Ambiente e foi composto por representantes das empresas de EEEs, recicladores, transportadores e do próprio governo. Dentre as diversas definições e discussões presentes em reuniões documentadas, os seguintes conceitos, apresentados na Tabela 10, são de interesse para o presente estudo:

**Tabela 10 – Principais conceitos abordados na 3ª Reunião do GT (27 e 28 de julho de 2010)**

Conceito	Definição
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamento de Resíduos Elétricos e Eletrônicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envolve a desmontagem, recuperação, trituração, reciclagem ou processos destinados à redução de massa, volume, periculosidade ou potencial poluidor.</li> </ul>

Conceito	Definição
• Logística Reversa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceito largamente difundido que pode ser definido como a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.</li> </ul>
• Destinação ambientalmente adequada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em ordem de prioridade os seguintes destinos: reutilização, reaproveitamento, reciclagem, geração de energia, tratamento e disposição final adequada ambientalmente.</li> </ul>
• Reutilização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantém a finalidade inicial do produto sem alterações significativas de suas características.</li> </ul>
• Reciclagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transforma o resíduo alterando suas características originais para ser utilizado em uma determinada finalidade.</li> </ul>
• Valorização de resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo de requalificação do resíduo que agrega valor através da reutilização, reciclagem, valorização energética ou tratamento.</li> </ul>
• Tecnologias ambientalmente adequadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envolvem prevenção, redução, transformação ou eliminação de características tóxicas e poluentes.</li> </ul>
• Unidade Recicladora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entidade física com processos e instalações, licenciada pelos órgãos ambientais, que tenha como objetivo reciclar REEEs.</li> </ul>
• Unidade Receptora e/ou de processamento de resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entidade física destinada a recepção, descaracterização, segregação e o armazenamento temporário.</li> </ul>

Conceito	Definição
----------	-----------

Fonte: CONAMA (2010)

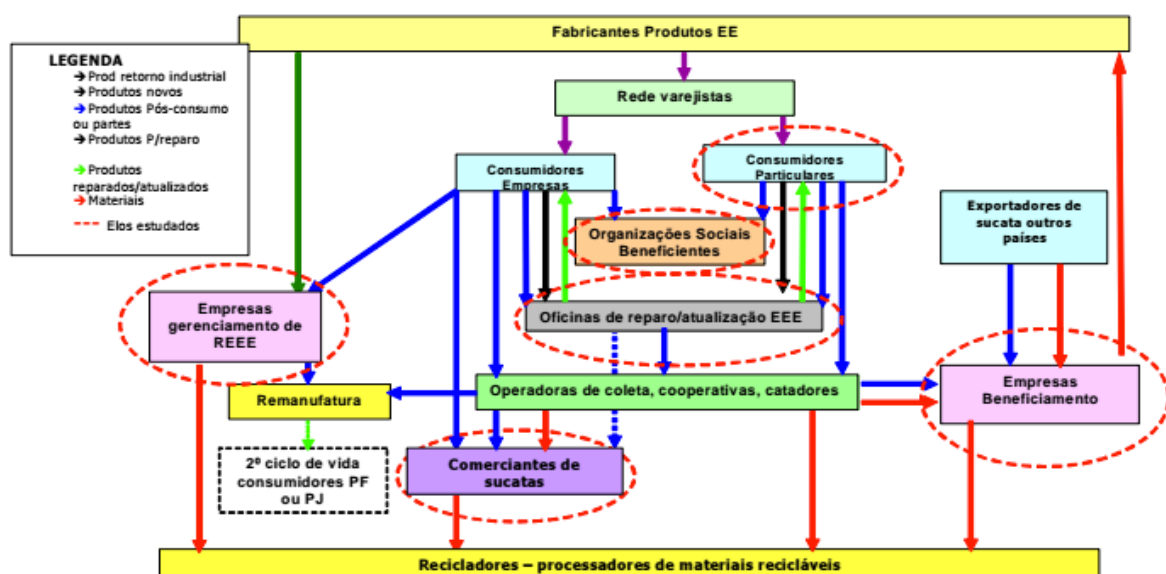
#### 4.3.2 Principais atores e processos envolvidos na gestão de REEEs

Anteriormente à descrição do processo em si, é preciso definir os atores envolvidos na gestão e na logística reversa de REEEs, o que vai um pouco além das unidades recicladoras e receptoras apresentadas anteriormente.

De acordo com Rodrigues (2007), a cadeia pós consumo no Brasil inicia-se pelos próprios produtores de EEEs, que devem promover a reciclagem ou o reuso dos REEEs, dentro também do conceito de logística reversa. Nesta mesma linha, os revendedores também exercem papel fundamental já que fazem o elo entre os consumidores e os produtores, sendo possível encaminhar o fluxo reverso dos produtos através deles. Os consumidores, que podem ser tanto pessoa física como jurídica, são talvez os principais atores no sentido de conscientização e cobranças junto ao setor público para a adequada gestão de REEEs.

Na mesma lógica, seguem os atores que atuam exclusivamente nos processos de valorização e gestão dos resíduos. São eles: as operadoras de coleta, as cooperativas de reciclagem, os catadores autônomos, as empresas de gerenciamento de REEEs, as empresas de beneficiamento de REEEs, as empresas de tratamento de resíduos especiais e os comerciantes de sucatas (RODRIGUES, 2007):

Figura 3 – Fluxograma de produtos e materias na cadeia pós consumo de EEEs



Fonte: RODRIGUES (2007)

Os processos envolvidos na gestão e beneficiamento de REEE podem ser executados por um ou mais entes de diferentes magnitudes e características. O modo como são realizadas as etapas variam, dependendo da escala e da frequência de cada tipo de material coletado. De uma maneira resumida, entre o gerador de resíduo e a destinação final, as seguintes etapas devem ocorrer nesta mesma ordem (SEBRAE, 2016), conforme a Tabela 11:

**Tabela 11 – Etapas do processo de gestão de REEEs**

Etapa	Descrição
• Coleta do Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipamentos ou peças provenientes de equipamentos que estejam fora de uso são coletados de diversas maneiras. Primeiramente a coleta pode ser feita pela própria unidade receptora em residências, condomínios, instalações industriais e empresas. Outra maneira ocorre quando há acordos entre catadores ou cooperativas que fazem o transporte dos REEEs até a unidade receptora. Por fim, o próprio gerador também pode realizar o frete dos resíduos.</li> </ul>
• Desmontagem e separação dos componentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Em primeira instância, separam-se os materiais considerando os produtos perigosos, que exigem tratamento e destinação especializados para serem realizados por empresas autorizadas. Em seguida os REEEs são separados por tipo de material como, por exemplo, ferro, cobre, plástico e placas. Baterias, pilhas e demais produtos que não são processados em qualquer local são enviados a outras empresas especializadas nesse tipo de material.</li> </ul>

Etapa	Descrição
<ul style="list-style-type: none"> <li>• TRC de monitores de computadores ou televisores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tais produtos merecem destaque pois existe grande demanda devido a sua substituição por outras tecnologias como plasma, LCD e LED. Além disso, sua desmontagem é difícil e requer cuidados dada a presença de produtos perigosos. Apresentam dois tipos de vidros, o do painel e outro com componentes de chumbo que acarreta riscos a saúde humana e ao meio ambiente.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O vidro e a sucata eletrônica, após separação e tratamento, são moídos anteriormente a serem vendidos como matéria prima.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trituração</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simples destruição física do REEE.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armazenamento e destinação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os materiais são embalados e vendidos para fabricantes de outros produtos que os reutilizam como matéria-prima, essas empresas são chamadas de “remanufatureiras”.</li> </ul>

Fonte: SEBRAE (2016)

### 4.3.3 Tecnologias aplicáveis na gestão de REEEs

Diversos tipos de tecnologias podem ser aplicadas na gestão de REEEs e seus demais processos envolvidos. Dependendo do grau de investimento e volume de resíduos, algumas opções podem ser viáveis ou não. A seguir algumas possibilidades dentro da realidade brasileira:

#### Softwares de gestão

Há uma problemática na gestão de REEEs que está relacionada com a quantificação e à qualificação dos inúmeros tipos de produtos que são coletados. Ou seja, o controle da entrada e saída de resíduos dos depósitos, assim como o potencial de valorização de cada tipo de material recuperado, é complexo e de difícil execução.

Nesse contexto, a automação computacional da gestão tem sido o caminho para muitas empresas simplificarem seus processos e aumentarem o controle sobre eles. Já existem softwares, por exemplo, capazes de realizar o balanço de massa dos diversos materiais que compõem os REEEs, embora esse tipo de tecnologia ainda esteja em amplo desenvolvimento. Estes programas computacionais também se comunicam com

as atividades administrativas, financeiras e comerciais da empresa (SEBRAE, 2016), logo são indicados como auxiliares na gestão de negócios que envolvem tais resíduos.

### Papa lâmpadas

As lâmpadas fluorescentes constituem um dos maiores fluxos, em termos de volume, para a gestão de REEEs. Isso ocorre devido ao fato de o produto ter ampla utilização e exigir trocas constantes devido a sua vida útil de no máximo 10.000 horas (INMETRO, 2016). Além disso, as lâmpadas fluorescentes apresentam risco à saúde e ao ambiente devido à presença de produtos perigosos. Embora já existam algumas tecnologias desenvolvidas e acessíveis para este produto, o custo é uma limitante.

O Papa lâmpadas é uma tecnologia utilizada no Brasil e em outros países para automatizar e mecanizar a trituração e a segregação dos materiais existentes nas lâmpadas fluorescentes, visando sua correta destinação. Vale ressaltar que há muitas críticas por parte de especialistas quanto a esta tecnologia, sua operação tem mostrado algumas falhas.

A máquina é composta por um tambor metálico de 200 litros, com capacidade de armazenamento de 850 lâmpadas trituradas. Segundo o fabricante, a tecnologia ainda reduz de maneira muito intensa a área de armazenagem e os riscos de estocagem. O aparelho contém um duplo sistema de filtragem, um para os fragmentos de vidro e pó fosfórico e outro para os gases tóxicos tais como o mercúrio. O segundo filtro, teoricamente, permite que apenas o ar não contaminado vá para a atmosfera. Por fim, sendo o funcionamento em sistema a vácuo, isentaria o operador de quaisquer riscos de retrocesso de fragmentos e contaminação pelo vapor de mercúrio (BRASIL, 2016).

### Máquinas para reciclagem de fios elétricos

Presentes como componentes em quase todos os EEEs, os fios elétricos apresentam algumas tecnologias específicas para sua valorização. Favorecem os investimentos para reciclagem de fios elétricos o alto teor de cobre presente no produto, que tem grande valor agregado como metal. Neste contexto, a empresa sul coreana Green-man desenvolveu um conjunto de máquinas para reciclagem em média escala de fios elétricos (MACHADO, 2016).

Primeiramente, a *Scrap cable stripper – ST300N* descasca os fios elétricos de baixa e alta voltagem para diâmetros de 5 a 100 mm. O aparelho tem velocidade de corte de 52 m de fio por minuto, com um motor de 3 HP. Podendo trabalhar nas tensões elétricas de 200 a 380 V e nas frequências 50 ou 60 Hz no sistema trifásico, a máquina tem 91 cm de largura por 138 cm de altura e peso de 510 kg (GREEMMAN, 2016b).

Para trabalhar em conjunto com a descascadora de fios, a *Scrap cable granulator – RECO130F* faz a granulação e a separação de plástico e metal, presentes nos fios elétricos de forma simultânea. A capacidade de processamento é de 130 kg por hora

com um motor de 12,5 HP, podendo trabalhar nas frequências de 50 e 60 Hz. As dimensões do aparelho são de 17,7 mm de largura, 13,6 mm de fundo e 225,6 mm de altura, seu peso é de 1300 kg (GREEMMAN, 2016a).

Ao final do processo, o material é separado para ser destinado ou vendido de acordo com suas características. Como o manuseio e a operação das máquinas é de nível médio de dificuldade e a instalação não demanda grande estrutura, elas são recomendadas para pequenas e médias empresas.

#### Ensaio de caracterização por Infravermelho

A reciclagem de monitores de raios catódicos envolve uma problemática relacionada à diversidade de polímeros existentes na carcaça destes aparelhos. Apesar da maioria possuir, gravado em sua estrutura, o símbolo indicando o tipo de polímero (ABS e HIPS normalmente) do qual são fabricados, alguns aparelhos e marcas não possuem tal símbolo ou contêm outros polímeros em sua constituição além daquele declarado. Neste contexto, os ensaios de caracterização por infravermelho (FTIR) são uma alternativa para melhor averiguação do polímero usado na fabricação do monitor (GABRIEL et al., 2013) e promover sua segregação.

Através da análise do espectro de IFTR de amostras escolhidas e a comparação com padrões conhecidos, é possível definir se a carcaça é de ABS, HIPS ou qualquer outro polímero, possibilitando assim sua segregação e correta destinação.

#### **4.3.4 O mercado de logística reversa**

Considerando a cadeia pós consumo desenvolvida por Rodrigues (2007), nosso trabalho é focado nas empresas de gerenciamento, coleta e desmanche de REEEs. Além de nosso estudo de caso específico da Loop, procuramos fazer um levantamento do mercado e um panorama geral sobre REEEs no Brasil.

Mesmo com alto volume de geração de REEEs e com a instituição da PNRS, não há um mercado articulado de logística reversa para este tipo de produto no Brasil. A Lei nº 12.305, que institui a PNRS, incorporou o princípio da responsabilidade compartilhada, ou seja, produtores, transportadores, revendedores a até os consumidores respondem pelos impactos ambientais em todo ciclo de vida do produto (BRASIL, 2010). Assim, o setor empresarial deve ser estimulado a desenvolver sistemas de logística reversa dos REEEs após seu uso pelos consumidores (SANT'ANNA; MACHADO; BRITO, 2015).

#### Iniciativas Estatais

Em termos de iniciativas estatais, o governo federal publicou um edital de chamamento para o acordo setorial de implantação de sistema de logística reversa de EEEs em 13 de fevereiro de 2013. Entre outros pontos, o edital estipula que

deverão ser recolhidos e destinados 17% de todos os EEEs inseridos no mercado entre 2012 e 2017 (RIBEIRO, 2014b). Apesar disso, poucos desdobramentos práticos foram divulgados ou implementados até o momento, as prováveis razões são os muitos requisitos a serem cumpridos pelas empresas na proposição do acordo setorial e a consequente falta de interesse de muitos fabricantes, importadores e distribuidores em participarem do processo (SANT'ANNA; MACHADO; BRITO, 2015).

No estado de São Paulo, a Secretaria do Meio Ambiente (SMA), por meio da Resolução no. 45 de 23 de junho de 2015, definiu as diretrizes para a implementação e operacionalização da responsabilidade pós-consumo. Entre os produtos contemplados na resolução estão os produtos eletrônicos e seus componentes e as lâmpadas fluorescentes e de vapor metálico. Vale ainda ressaltar que no:

- artigo 2º: estabelece a obrigação de entes privados (envolvidos com tais produtos) estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos e embalagens após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.
- artigo 3º: define os órgãos públicos como responsáveis pela regulamentação, fiscalização e gerenciamento da logística reversa. Ficando assim a cargo da SMA e da CETESB tais responsabilidades. Recomenda ainda a preferência por sistemas de logística reversa, implantados por entidades que representem um conjunto de empresas de cada setor envolvido.
- artigo 4º: responsabiliza a CETESB pela definição de metas, regras e prazos, aos quais os entes envolvidos devem estar submetidos.
- artigo 5º: atribui à Comissão Estadual de Resíduos Sólidos, por meio de seu Grupo de Trabalho Executivo, a coordenação da elaboração de propostas de regulamentação para:
  - integrar os municípios aos sistemas de logísticas reversa;
  - estimular tais sistemas a adotar as medidas mais apropriadas ambientalmente;
  - questões tributárias e fiscais relacionadas aos sistemas de logística reversa;
  - possíveis restrições comerciais a serem estabelecidas às instituições de outros estados da federação que não seguirem as normas estabelecidas;
- artigo 7º: indica possíveis penalidades previstas na legislação ambiental para quem não cumprir o que determina a Resolução no. 45, da SMA do Estado de São Paulo.

Embora a iniciativa do governo estadual seja muito importante, ainda há muita resistência das empresas do setor em realmente iniciar as ações voltadas para a logística reversa. As razões para isso vão desde uma concorrência muito acirrada entre as empresas, o que dificulta a definição de acordos entre elas, até falta de cobrança e punição por parte do poder público.

No caso paulista, o caminho tem sido mais pelos termos de compromisso, ou seja cada empresa acata as normas estabelecidas pela CETESB e voluntariamente adere. Na entrevista com o especialista em logística reversa e responsável pelo tema no órgão regulador, Flávio de Miranda Ribeiro, foi possível acompanhar as tentativas de se fazer acordos setoriais no estado. A ideia seria fazer todas as empresas de determinado setor aderirem de forma conjunta as normas, mas dificuldades decorrentes da falta de entendimento entre empresas que competem pelo mesmo mercado têm sido o maior entrave aos acordos setoriais.

#### Iniciativa Privada

Anteriormente a instituição da PNRS diversas empresas multinacionais que produzem EEEs já apresentavam seu próprio programa de logística reversa. Muitas dessas empresas já tinham programas parecidos em outros países e algumas já o implementavam no país há um bom tempo:

##### Hewlett-Packard (HP):

- Desde 1987, quando a empresa começou a reciclar equipamentos de TI, foram recuperados mais de 1,27 bilhões de kg em produtos para reutilização e reciclagem no mundo todo. Hoje em dia, a HP fornece no Brasil muitas formas de reciclagem de cartuchos de tinta, equipamentos residenciais e corporativos, baterias e embalagens produzidos por ela (HP, 2016a).
- Considerando o escopo deste trabalho, a logística reversa dos equipamentos da HP já incorpora a possibilidade de troca dos REEEs por dinheiro, isso apenas no ambiente corporativo. O serviço inclui também a coleta gratuita dos equipamentos nas residências e nas empresas. Todos os tipos de equipamentos comercializados pela empresa estão incluídos no programa: monitores, computadores, impressoras e demais dispositivos (HP, 2016b).

##### Apple:

- De acordo com o *Environmental Responsibility Report* de 2015 da empresa, a grande porcentagem de materiais nobres em seus produtos faz com que a reciclagem gere um considerado ganho econômico de forma indireta (APPLE, 2016).

- Em 2015 foram recuperadas perto de 28 mil toneladas de materiais de antigos equipamentos, deste total a Apple conseguiu extrair perto de uma tonelada de ouro, gerando em torno de US\$40 milhões. Além disso, outros metais como cobre, alumínio e prata também estão gerando ganhos para a empresa. Ao todo, o valor obtido da reciclagem destes metais chegou aos US\$50 milhões, ultrapassando o valor gasto neste processo de reciclagem.
- Basicamente os clientes nos EUA podem levar seus aparelhos para qualquer loja da empresa e um funcionário o avalia e dá um valor, em seguida o mesmo é levado para o serviço de reciclagem. Esse serviço existe desde 2013 e ainda não tem uma estimativa de quando virá ao Brasil (MACHADO, 2016).

#### Philips:

- Desde 2008 a empresa executa, em nível mundial, iniciativas para facilitar a logística reversa de seus produtos. Países como o Brasil, Índia e Argentina, que ainda não tem uma regulação muito forte no setor foram escolhidos como foco. No Brasil, há 40 pontos de coleta em 25 cidades recebendo os mais diversos produtos da empresa. São as próprias assistências técnicas credenciadas pela empresa que fazem esse serviço por terem contato direto com o consumidor.
- O projeto teve início em 2008, dois anos antes da PNRS entrar em vigor. Seu lançamento ocorreu em março de 2010 e em um ano de programa foram coletadas 130 toneladas de produtos entre televisores e eletro portáteis, que passaram por manufatura reversa (PHILLIPS, 2016).

Há também o desenvolvimento de um comércio em torno da logística reversa de REEEs em cidades paulistas como São José dos Campos e Suzano. Neste contexto, empresas realizam algumas etapas da logística reversa como transporte, manuseio, armazenamento, trituração, tratamento químico (SUZAQUIM, 2016) e destinação final do rejeito (GMC, 2016). No estado de São Paulo, também existem algumas multinacionais que fornecem serviços de gerenciamento e reciclagem de REEEs. Entretanto, conforme verificado no estudo de caso, este mercado está em constante modificação e muitas das empresas apresentadas a seguir estão revisando seus projetos ou paralisando suas atividades:

- GM&CLOG: fundada em 2002 é pioneira no uso da internet para integrar toda a cadeia de logística reversa (GMC, 2016). O grupo possui um banco de dados dos números de série dos equipamentos, visando um melhor controle dos produtos que por ali passam. A empresa realiza os processos de transporte, manuseio,

armazenamento, tratamento e destinação dos rejeitos. Além disso, possui um histórico de recicladores finais que recebem os resíduos, certificando a reciclagem e o processamento dos materiais triados.

- Oxil: tem unidades também nos estados de Alagoas, Paraná, Bahia, Rio de Janeiro e Sergipe (ESTRE, 2016). A empresa oferece soluções ambientalmente corretas para a destinação, desmontagem, descaracterização e reciclagem de equipamentos e componentes eletrônicos, produtos obsoletos de telecomunicações e de informática e produtos das linhas branca e marrom (LOGÍSTICA, 2016).
- TCG Recycling Brasil: envia os REEEs, após a trituração, para refinarias na Alemanha e Canadá (TCG, 2016).
- Cimelia Reciclagem: oferece serviços de gerenciamento e reciclagem de REEEs em geral. O processo completo de reciclagem ocorre na matriz em Cingapura, que é especialista no refinamento de 16 diferentes metais (CIMELIA, 2016).
- Essencis Manufatura Reversa: joint venture entre os Grupos Essencis Soluções Ambientais e a SEG, empresa europeia do setor de manufatura reversa de refrigeradores (TEMBRA, 2009). Em 2012, o grupo investiu cerca de R\$ 7.000.000 em sua planta localizada no município de Caieiras, a 30 km de São Paulo. O local abriga equipamentos de ponta para triar/reciclar eletroeletrônicos, como lâmpadas, cartuchos de impressoras e eletrodomésticos.

Há também iniciativas de logística reversa de REEEs por parte da iniciativa privada em outros estados como Minas Gerais (ECOBRAZIL, 2016), Rio Grande do Sul (OSTER, 2016) e Pernambuco. Com destaque para o estado de Pernambuco, onde há a transformação dos REEEs em granulados, exigindo tecnologia mais moderna.

Como ponto negativo, a maioria dos fabricantes e comerciantes de aparelhos celulares não cumprem o previsto na PNRS (SILVEIRA; CHANG, 2010). Nesse rol, incluem-se empresas como Sony Ericsson, LG, Samsung, Nokia e Motorola que não oferecem nenhum sistema de retorno dos aparelhos em suas sedes, lojas ou assistências técnicas (AL, 2012). O mesmo ocorre no varejo de eletroeletrônicos, pois nenhuma das grandes lojas do varejo como Ricardo Eletro ou Casas Bahia apresentam programas de retorno ou reciclagem de seus produtos.

#### Outras Iniciativas

Por fim, as universidades e a sociedade civil organizada também têm tomado algumas iniciativas. Destaca-se o projeto da Universidade de São Paulo inaugurado em 2009: o Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (Cedir), instalado em

um galpão de 400 m<sup>2</sup> na cidade universitária. O projeto permite a introdução de alguns EEEs (EEEs de informática) novamente na cadeia produtiva, seu reuso em projetos sociais e em equipamentos da própria universidade. Na sociedade civil organizada, destacam-se algumas organizações nos estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais que oferecem “ecopontos” para o descarte de aparelhos e coleta gratuita de REEEs.

#### 4.4 Ergonomia

Segundo GRANDJEAN (1998) a palavra ergonomia vem do grego: ergon = trabalho e nomos = legislação, normas. Desse modo, a ergonomia é definida como a ciência da configuração de trabalho adaptada ao homem. De acordo com DUL e WEERDMEESTER (2004), pode-se dizer que a ergonomia é uma ciência aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com o objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho. A definição formal da Ergonomia adotada pela IEA (International Ergonomics Association ) é:

“Ergonomia (ou fatores humanos) é uma disciplina científica que estuda as interações dos homens com outros elementos do sistema, fazendo aplicações da teoria, princípios e métodos de projeto, com o objetivo de melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema (DUL; WEERDMEESTER, 2004).”

Nos projetos do trabalho e das situações cotidianas, a ergonomia focaliza o homem, analisando as condições de insegurança, insalubridade, desconforto e ineficiência são eliminadas adaptando-as às capacidades e limitações físicas e psicológicas do homem.

A ergonomia estuda vários aspectos: a postura e os movimentos corporais (sentados, em pé, empurrando, puxando e levantando cargas), fatores ambientais (ruídos, vibrações, iluminação, clima, agentes químicos), informação (informações captadas pela visão, audição e outros sentidos), relações entre mostradores e controles, bem como cargos e tarefas (tarefas adequadas, interessantes). A conjugação adequada desses fatores permite projetar ambientes seguros, saudáveis, confortáveis e eficientes, tanto no trabalho quanto na vida cotidiana (MOTTA, 2009).

A ergonomia baseia-se em conhecimentos de outras áreas científicas, como a antropometria, biomecânica, fisiologia, psicologia, toxicologia, engenharia mecânica, desenho industrial, eletrônica, informática e gerência industrial. E reuniu, selecionou e integrou os conhecimentos relevantes dessas áreas, para desenvolver métodos e técnicas específicas para aplicação desses conhecimentos na melhoria do trabalho e das condições de vida, tanto dos trabalhadores, como da população em geral (DUL; WEERDMEESTER, 2004).

De acordo com IIDA (2002), para atingir o seu objetivo, a ergonomia estuda

diversos aspectos do comportamento humano no trabalho e outros fatores importantes para o projeto como:

- o homem - características físicas, fisiológicas, e sociais do trabalhador; influência do sexo, idade, treinamento e motivação.
- máquina - entende-se por máquina todas as ajudas materiais que o homem utiliza no seu trabalho, englobando os equipamentos, ferramentas, mobiliário e instalações.
- ambiente - estuda as características do ambiente físico que envolve o homem durante o trabalho, como a temperatura, ruídos, vibrações, luz, cores, gases e outros.
- informação – refere-se às comunicações existentes entre os elementos de um sistema, a transmissão de informações, o processamento e a tomada de decisões.
- organização – é a conjugação dos elementos acima citados no sistema produtivo, estudando aspectos como horários, turnos de trabalho e formação de equipes.
- conseqüências do trabalho – aqui entram mais as informações de controles como tarefas de inspeções, estudos dos erros e acidentes, além dos estudos sobre gastos energéticos, fadiga e “stress”.

Em termos de seus objetivos, segundo IIDA (2002), a ergonomia busca a segurança, satisfação e o bem-estar dos trabalhadores no seu relacionamento com sistemas produtivos. Sabendo-se que os sistemas produtivos evoluem com o desenvolvimento da tecnologia, à medida que as máquinas a cada dia assumem o trabalho pesado, aumentando a produtividade e a qualidade dos produtos, ao homem é designado o esforço mental e dos sentidos. Assim, gradativamente, o homem foi migrando seu trabalho para tarefas que as máquinas ainda não são capazes de executar, como por exemplo, tarefas com computadores. Isto criou novas áreas de estudo e representam o mais novo campo de atuação para o ergonomista.

## 5 Estudo de caso: Loop - Logística Reversa

Criada em 2015 e localizada na Zona Leste da cidade de São Paulo, a Loop - Logística Reversa era uma pequena unidade receptora e processadora de REEEs. Focada no gerenciamento e beneficiamento de resíduos, possuía um modelo de negócios baseado na cobrança pela coleta de materiais, tanto residenciais quanto corporativos.

Em setembro de 2016, os sócios da Loop resolveram se separar devido a desavenças quanto ao modelo de negócios da empresa. Um dos sócios saiu da empresa, seguindo uma outra perspectiva de abordagem do mercado, focada em explorar o mercado de computadores usados, principalmente para a população de baixa renda. Ao mesmo tempo, o sócio que permaneceu na Loop pretende agora atuar como uma plataforma de gestão de resíduos sólidos, que servirá de contato para que diversas empresas prestem um serviço completo aos clientes que queiram tratar seus resíduos.

Tal acontecimento levou o presente trabalho a alterar sua metodologia, de forma que os itens a seguir são mais focados na empresa antes do momento de cisão dos sócios. Para tratar mais detalhadamente de como os sócios estão atuando atualmente, três entrevistas adicionais foram realizadas e estão descritas no capítulo 6.

A empresa, até março de 2016, chegou a reciclar mais de 12 toneladas de REEEs, o que gerou, segundo cálculos dos sócios, uma economia de mais de 4.000 m<sup>3</sup> de água; 66 toneladas de dióxido de carbono deixaram de ser emitidos e mais de 2 toneladas de resíduos sólidos deixaram de ser gerados. Tais números foram estimados a partir de um trabalho desenvolvido pela própria empresa, no qual era calculada a economia ambiental. O cálculo era realizado pela diferença entre o custo de produção de determinada matéria prima utilizando a reciclagem e o custo ambiental da extração da mesma matéria prima diretamente da natureza.

### 5.1 Modelo de negócios

O mercado de recuperação de REEEs apresenta diversos tipos de atores com modelos de negócios distintos. Alguns optam pela instalação de pontos de recolhimento, outros pagam aos clientes para a coleta de certos materiais, em geral com um maior valor agregado, enquanto outros fazem o oposto: cobram pelo recolhimento e destinação adequada dos rejeitos (DAHER; SILVA; FONSECA, 2016).

A Loop baseava seu modelo de negócios na cobrança pela coleta, processamento e destinação desse tipo de resíduo. Entretanto, muitos clientes não viam

sentido na cobrança para terem seus resíduos coletados, o que fez com que os sócios percebessem que esse modelo de negócio não era muito bem aceito pelo mercado. Dado este cenário, os dois sócios da empresa decidiram tomar rumos diferentes, o que causou uma cisão na Loop, fazendo com que um dos sócios se afastasse da operação.

A coleta, processamento, estoque e destinação dos rejeitos é uma operação que, por si só, já envolve muitos custos, como aluguel de um galpão, compra de caminhão, custos de transporte, entre outros. Além disso, a Loop buscava se enquadrar às restrições ambientais, destinando os resíduos apenas a empresas certificadas pela CETESB, o que encarecia um pouco mais a operação, uma vez que empresas que destinam todas as partes dos REEEs também cobram por esse serviço.

Porém, há ainda empresas que não cobram pela coleta dos resíduos. Tais empresas, geralmente, apenas separam a parte de maior valor dos resíduos (como o ouro das placas-mãe de computadores) e o restante destinam como resíduo comum, ou mesmo o dispõem em aterros não licenciados. Isso faz com que, muitas vezes, essas empresas não cobrem pela coleta dos REEEs, ou até mesmo paguem algum valor ao consumidor. Tal procedimento faz com que empresas como a Loop tenham maior dificuldade de se inserir e competir nesse mercado.

O modelo de cobrança pela coleta, adotado pela Loop, é justificado por diversos custos envolvidos, como por exemplo o emprego de veículos e a disposição de espaços para armazenagem, que em uma cidade como São Paulo gera um grande custo (DAHER; SILVA; FONSECA, 2016). Ainda de acordo com a PNRS, que prevê crime ambiental para o descarte de REEEs em local não apropriado, a Loop entendia que cobrar pelo serviço prestado era o mais sensato.

Nessa nova fase, o modelo de negócios atual da Loop, após a separação entre os sócios, baseia-se em estabelecer parcerias com todos os elos da cadeia (produtores e coletores) e criar um ambiente no qual seja mais fácil encontrar empresas ou cooperativas para destinar seus resíduos, transformando a empresa em uma espécie de consultoria de resíduos.

## 5.2 Resultado das visitas técnicas e entrevistas iniciais

O grupo realizou duas visitas técnicas à empresa Loop. Uma primeira visita, a fim de compreender como funcionam os processos operacionais da empresa e se aprofundar mais no tema de gestão de REEEs. Em uma segunda visita pudemos vislumbrar oportunidades de melhoria interna, nos setores de armazenamento, logística, segurança do trabalho e de negócios.

A primeira visita foi importante uma vez que abriu um canal de comunicação entre o grupo e os sócios da empresa, além de ampliar nossa concepção e visão sobre

como atua uma pequena empresa de logística reversa na cidade de São Paulo.

Em um primeiro momento tivemos uma reunião na qual entrevistamos os sócios visando entender o modelo de negócios da Loop. Nessa reunião foram descritos os processos internos de gerenciamento dos resíduos, tanto na parte operacional quanto na administrativa. A empresa possuía uma sede e um armazém situados na Zona Leste da Cidade de São Paulo, um veículo urbano de carga para a coleta e destinação de materiais, além de três colaboradores, dois sócios e um contratado.

Após entendimento técnico e conceitual sobre a questão, foi realizada uma visita ao galpão de armazenamento, onde ocorria a triagem e distribuição dos resíduos. Nessa etapa entendemos como funcionava a linha operacional da empresa, em que dois colaboradores eram responsáveis pelo estoque, triagem e armazenamento dos resíduos, enquanto um terceiro colaborador ficava responsável pela área administrativa.

Em uma segunda visita técnica, em agosto de 2016, foi possível vislumbrar oportunidades de melhoria interna, nos setores de armazenamento, logística, segurança do trabalho e de negócios. Essa visita foi realizada em 3 etapas:

- Na primeira realizamos uma caracterização do local e verificamos visualmente as condições ambientais, de ergonomia, de saúde e de segurança do trabalho. Tudo isso com a finalidade de verificar se havia alguma irregularidade quanto à sua conservação e utilização.
- Na segunda etapa, realizamos uma entrevista pessoal com o sócio responsável pela parte operacional da empresa, visando verificar seu histórico de vida, se ocorreu algum problema de saúde relacionado ao trabalho e se ele está treinado para realizar aquele tipo de função.
- Por fim, na terceira etapa, com base nas condições observadas foram identificadas possíveis soluções e métodos a serem aplicados para melhoria nos processos da empresa.

### **5.2.1 Caracterização do local**

A empresa estudada localizada em um galpão instalado no bairro da Moóca, no município de São Paulo. O espaço da empresa é dividido em três áreas: (i) estacionamento do caminhão; (ii) área administrativa; (iii) área de operação, conforme descritas a seguir e ilustrado na Figura 4:

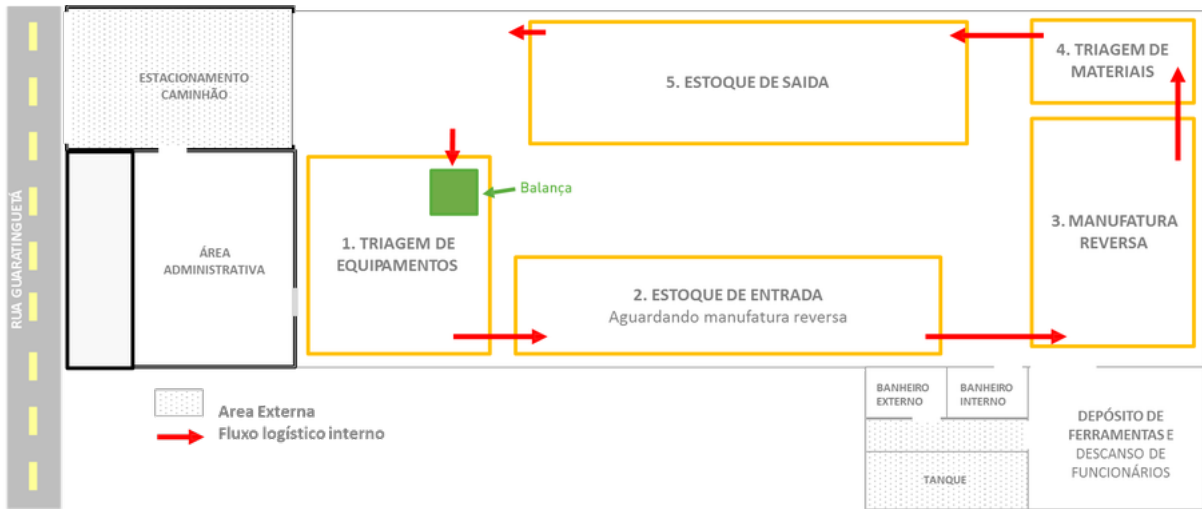
- 1) Estacionamento do caminhão: uma pequena área na entrada do terreno, aproximadamente 3m x 5m, em que o único caminhão de pequeno porte da empresa fica estacionado. A área também serve de passagem para pessoas que entram e saem do estabelecimento e não é coberta (Figura 6).

- 2) Área administrativa: compreende uma pequena sala que acomoda a equipe administrativas e alguns equipamentos coletados de pequeno porte. A área comporta três pessoas e possui ainda uma pequena área de espera que acomoda mais quatro pessoas. Além do espaço utilizado para atividades trabalhistas, existem prateleiras no espaço em que ficam expostos equipamentos antigos, o “Museutech” (Figuras 15 e 16).
- 3) Área de operação: maior espaço do estabelecimento, com aproximadamente 15m x 7m, onde a operação de manufatura reversa é realizada. Esta área está subdivida em cinco setores (Figuras 5 e 6):
  - Triagem dos equipamentos: espaço onde os equipamentos são depositados logo após serem descarregados do caminhão. Ali os resíduos são pesados e distribuídos em pallets de madeira, ordenados por tipo, formato e origem. Uma empilhadeira mecânica auxilia os trabalhadores nessa etapa (Figuras 7 e 8).
  - Estoque de entrada: após a triagem, os equipamentos, já separados em pallets, são dispostos no estoque, onde ficam aguardando a manufatura reversa (Figura 9).
  - Manufatura reversa: local onde todo trabalho manual de manufatura reversa é realizado. Nesse local, há uma mesa de madeira para realização do trabalho em pé. Há ainda caixas separadoras, que são utilizados para armazenar as peças oriundas dos equipamentos desmontados e segregados (Figuras 10, 11 e 12).
  - Triagem de materiais: espaço onde as peças, já desmontadas, são separados por tipo e armazenados em grandes sacos ou cestos (Figura 13).
  - Estoque de saída: espaço utilizado para armazenar o equipamento já segregado (Figura 14).

### **5.2.2 Croqui do local e imagens ilustrativas**

A seguir, apresentamos a partir de imagens a estrutura física que apoiava a Loop até meados de 2016.

**Figura 4 – Croqui com as seções de manufatura reversa e esquema logístico interno (fora de escala)**

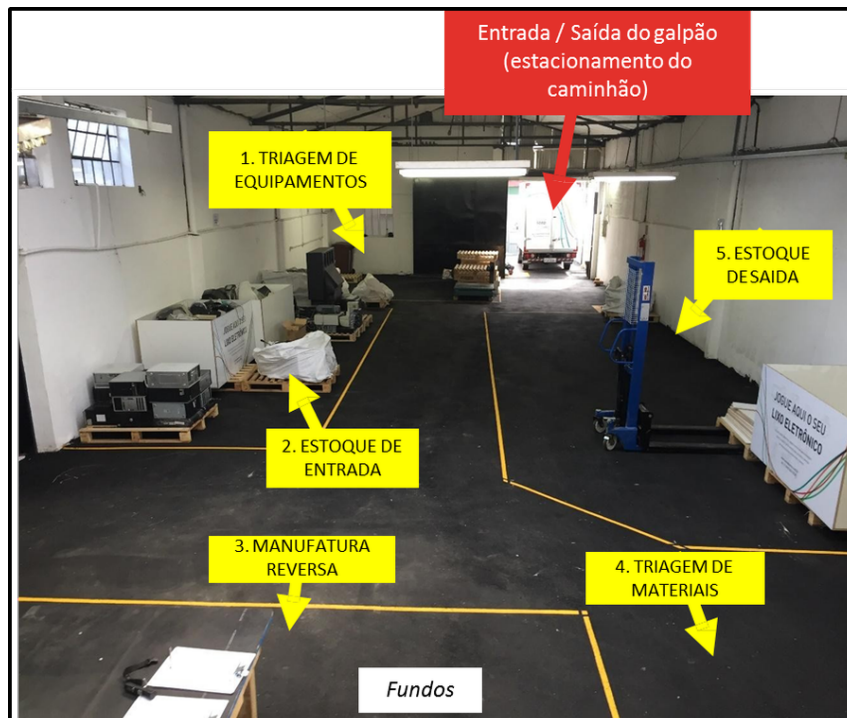


Fonte: Loop

**Figura 5 – Visão geral do galpão - Vista da entrada**



Fonte: Loop

**Figura 6 – Visão geral do galpão - Vista dos fundos**

Fonte: Loop

**Figura 7 – Setor de triagem de equipamentos (1)**

Fonte: Loop

**Figura 8 – Setor de triagem de equipamentos (2)**



Fonte: Loop

**Figura 9 – Setor de estoque de entrada**



Fonte: Loop

Figura 10 – Setor de manufatura reversa (1)



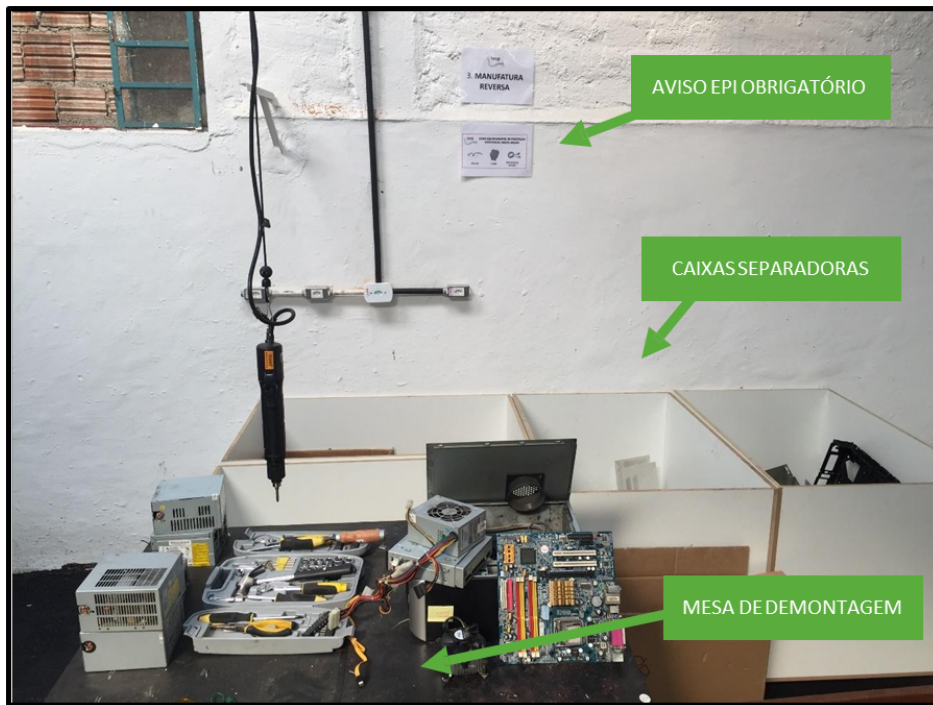
Fonte: Loop

Figura 11 – Setor de manufatura reversa (2)



Fonte: Loop

Figura 12 – Setor de manufatura reversa (3)



Fonte: Loop

Figura 13 – Setor de triagem de materiais



Fonte: Loop

**Figura 14 – Setor de estoque de saída**



Fonte: Loop

**Figura 15 – Área administrativa (1)**



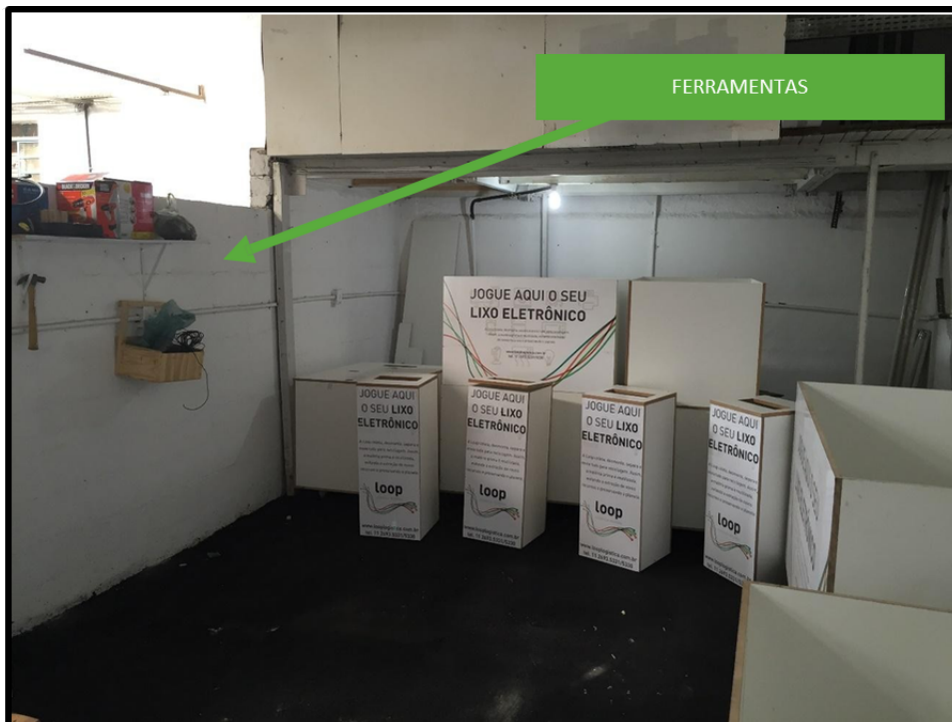
Fonte: Loop

Figura 16 – Área administrativa - “Museutech” Loop



Fonte: Loop

Figura 17 – Depósito de ferramentas (1)



Fonte: Loop

**Figura 18 – Depósito de ferramentas (2)**



Fonte: Loop

**Figura 19 – Caminhão de coleta**



Fonte: Loop

### 5.2.3 Condições ambientais e de segurança do trabalho

Nessa etapa, listamos diversos itens essenciais para esse tipo de análise, e atribuímos notas, numa escala de 1 à 5, sendo 1 a pior nota e 5 a melhor, e observações a cada um deles. Os resultados são apresentados na Tabela 12, a seguir:

**Tabela 12 – Avaliação dos pontos observados**

<b>Itens</b>	<b>Notas</b>	<b>Observações</b>
Limpeza	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perto da mesa de desmontagem foram encontrados vários resíduos pequenos (parafusos, etc) dispersos pela mesa e pelo chão.</li> </ul>
Organização	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por ter uma limitação de espaço, alguns resíduos se misturavam, por exemplo, impressoras nos mesmos pallets que monitores.</li> </ul>
Informação e instrução operacional	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizado e sinalizado.</li> </ul>
Ventilação	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não existe um sistema próprio e dedicado, mas tem portas grandes que permitem boa circulação de ar.</li> </ul>
Iluminação artificial	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A iluminação artificial é deficiente no local, entretanto é compensada pela iluminação natural durante o dia.</li> </ul>
Iluminação natural	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possui telhas translúcidas e janelas grandes.</li> </ul>
Ocorre periodicamente o treinamento com os funcionários no quesito segurança	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocorre um treinamento oficial anual e orientações pontuais sempre que necessárias.</li> </ul>

Itens	Notas	Observações
Condicionamento físico (ginástica laboral)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apesar de atividades físicas, a empresa não oferece ginastica laboral aos funcionários.</li> </ul>
Sanitários	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existem 2 sanitários limpos, porém pequenos.</li> </ul>
Refeitório e área de lazer	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não há uma área especial para descanso, o espaço destinado é dividido com um depósito de ferramentas.</li> </ul>
Placas de sinalização de segurança	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ambientes bem sinalizados.</li> </ul>
EPIs em bom estado de conservação e aplicadas adequadamente em cada setor	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipamentos sempre são trocados de forma preventiva e esse quesito é levado com muita importância pelos sócios da empresa.</li> </ul>
Não existe brigada de incêndio	N/A	
Kit primeiros socorros	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kit básico de primeiros socorros.</li> </ul>
Instalações elétricas	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nada se destacou.</li> </ul>

#### 5.2.4 Ergonomia

Para a análise ergonômica, realizamos a coleta de dados na ficha de identificação e questionário de dor (ALVES et al., 2002), dados sobre o local onde funcionava a Loop, e a descrição da atividade de manufatura reversa, conforme descritos a seguir:

- Ficha de identificação e questionário de dor: trabalhador do gênero masculino, trabalhando na empresa há um ano. Tomando como referência o IMC (índice de massa corpórea), os trabalhadores estão dentro do limite de peso normal, entre 19,1 e 25,8 (OMS). Até o momento, a Loop não recebeu nenhuma queixa de dor decorrente da atividade operacional da empresa por parte de nenhum funcionário.
- Dados do local de trabalho: localiza-se em andar térreo, piso em asfalto de cor preta, altura da parede aproximadamente 6,5 m, as paredes são em blocos e telhas. A luminosidade é realizada artificialmente pelo auxílio de lâmpadas e naturalmente com auxílio de telhas translúcidas. O período de trabalho é entre às 08h – 18h segunda a sexta. Ventilação: realizada por meio de portas e janelas.

- Descrição da atividade: foi acompanhado o processo de desmonte de um aparelho de televisão de tubo (TRC) de 21 polegadas. O objeto em questão pesa aproximadamente 20 kg e seu volume é 0,13 m<sup>3</sup> (60 cm de largura x 46 cm de altura x 50 cm de profundidade). O aparelho se encontra inicialmente no chão e é levantado até a mesa de trabalho pelo funcionário sem o auxílio de nenhum outro equipamento. Nota-se que, apesar de haver uma empilhadeira para o auxílio da tarefa o funcionário em questão considerou que levaria muito tempo para realizar a operação mecanizada. Para iniciar o desmonte, o funcionário, equipado com os EPIs disponíveis (luvas, máscara e avental), utiliza uma chave de fenda elétrica para desparafusar o televisor. O restante do desmonte é feito manualmente com auxílio da ferramenta quando necessário. Cada parte integrante do aparelho é então disposta no local correto, considerando o tipo de componente e composição (os cestos que recebem os componentes ficam ao redor da mesa, a uma distância curta do trabalhador).

Os resultados da avaliação de postura dos colaboradores da Loop no momento da realização das tarefas de desmonte e valorização dos resíduos apresentaram práticas inadequadas. Diante deste cenário, destaca-se a necessidade de ações corretivas que devem ser aplicadas para melhorar a postura dos colaboradores e facilitar o trabalho executado:

- O problema postural pode ser amenizado com a utilização de cintos lombares abdominais, com o propósito de melhorar a curvatura da coluna no momento em que o esforço exigido é máximo. Considerando o que é legalmente assegurado aos trabalhadores, segundo a NR-17, assumir postura adequada para a manipulação das cargas é também importante para reduzir o estresse físico ao qual estão submetidos os trabalhadores. A movimentação correta de cargas, aliada a correta utilização de cintos cervicais, traz segurança à coluna do trabalhador. Dessa forma, é evidente que há a necessidade de conscientização dos trabalhadores para que realizem seus movimentos de forma correta.

## 6 Resultado das entrevistas adicionais

Nesta etapa do trabalho apresentaremos os resultados das três entrevistas realizadas, com os dois ex-sócios da Loop e com o especialista em logística reversa e assistente executivo da vice-presidência da CETESB.

As entrevistas foram direcionadas a partir de roteiros semi estruturados descritos no Apêndice I. Tais roteiros são constituídos de perguntas que foram selecionadas de maneira a abranger os principais tópicos de interesse desse estudo, tais como: cenário nacional da logística reversa de REEEs, seus atores, legislação específica, posicionamento estratégico no mercado e principais oportunidades.

### 6.1 Entrevista com o ex-sócio 1

Entrevistamos Luiz Fernando Kirschner de Magalhães, formado em administração de empresas pela PUC-SP. Sendo o sócio que permaneceu à frente da Loop após a reestruturação, ele deixou clara a dificuldade competitiva do mercado de logística reversa no Brasil. Primeiramente, existem algumas empresas grandes com processos verticalizados, ou seja, que realizam desde a coleta até a reciclagem de REEEs. Ao mesmo tempo, há empresas especializadas em etapas específicas da cadeia, como a coleta ou o desmonte apenas. Essa variedade se justifica devido à falta de especificidade da lei, que como já mencionado neste trabalho, é muito abrangente e ainda pouco rígida.

Nesse sentido, o entrevistado entende que, a partir do momento em que a lei evoluir e passar a ser implementado um processo constante de fiscalização, empresas como a Loop passarão a ter mais oportunidades no mercado. Isso seria facilitado considerando que essas já estão operando de acordo com as regulamentações vigentes.

Hoje, a Loop concorre tanto com empresas grandes e bem estruturadas, como com empresas médias e de pequeno porte; muitas dessas não seguindo as atuais regulamentações e boas práticas ambientais. Há ainda os atores independentes, como catadores e cooperativas, que tem foco na coleta sem as preocupações e rigidez ambientais estipuladas na legislação para as fases de desmontagem e destinação.

Com esse cenário adverso, o sócio que permaneceu na empresa direcionou a Loop para outro caminho, em que segue o mercado de logística reversa de REEEs, passando a trabalhar em uma atividade horizontalizada. A ideia é desenvolver parcerias com outros agentes da cadeia, como transportadoras, empresas de manufatura reversa

e de reciclagem. Dessa forma, a Loop funcionaria como uma intermediária entre quem quer destinar seus resíduos corretamente e as empresas que prestam esse serviço. Assim, a empresa segue atuando no setor, mas agora como fornecedora de serviço para esses atores, sendo um canal entre empresas especializadas do setor.

Um tema questionado foi o fato de a Loop, inicialmente, cobrar pela coleta, manufatura reversa e destinação ambientalmente correta dos resíduos. Na entrevista ficaram evidentes as dificuldades que a empresa encontrou devido a essa cobrança. Muitos clientes, pessoas físicas ou jurídicas, não estavam dispostos a pagar pelo serviço por acreditarem que se tratava de responsabilidade da administração pública. Luiz Fernando acredita que essa dificuldade está associada a um problema de educação social, em que muitos querem dispor de um serviço de qualidade sem ter que ao menos pagar uma taxa.

Em suma, o entrevistado fez questão de deixar clara sua motivação com o mercado e com o setor de logística reversa de REEEs. Ele acha que a mudança de foco no modelo de negócio foi consequência do aprendizado e amadurecimento da empresa.

## 6.2 Entrevista com o ex-sócio 2

Fernando D'Império, engenheiro ambiental formado pela Escola Politécnica da USP, resolveu sair da Loop em meados de setembro de 2016 devido a divergências sobre a estratégia da empresa com seu sócio. Basicamente, ele acredita que o modelo no qual a empresa estava caminhando não atendia suas expectativas profissionais e não tinha muita aceitação no mercado.

No decorrer da entrevista, Fernando mencionou os principais atores do mercado de logística reversa e as constantes mudanças pelas quais o mesmo tem passado. De uma maneira geral, o mercado é dinâmico e poucas empresas conseguiram consolidar seus modelos de negócios, apesar dos altos investimentos realizados por algumas. A maioria das empresas visa atender indústrias ao invés dos consumidores finais, como a Loop fazia.

Quando questionado sobre a atual legislação, o entrevistado, assim como seu ex-sócio, acredita que a lei está em desenvolvimento e a partir do momento em que ficar mais específica e houver mais fiscalização o mercado tenderá a evoluir. Em suas próprias palavras: “Quanto mais legislação existir, mais efetiva, é melhor. Fazer errado é mais barato”. O princípio desse raciocínio parte da concorrência que a Loop enfrentava contra empresas, cooperativas e catadores, que visam o lucro imediato, não tinham qualquer tipo de preocupação ambiental, não atendendo aos requisitos legais.

Em termos de fiscalização, o entrevistado gostaria de ver uma maior atuação da

CETESB, que costuma fazer campanhas de fiscalização sazonais ao invés de ter uma atuação mais frequente em empresas do setor. Ele entende as limitações financeiras e organizacionais e identifica uma oportunidade do setor público em enxergar o real retorno do investimento em fiscalização. Ou seja, o que o governo investe em fiscalização tem como retorno a formalização da atividade econômica e também seu maior crescimento e desenvolvimento.

Questionamos também sobre o que, em sua opinião, deu errado no modelo de negócios da Loop. Fernando entende que além do mercado estar concentrado em grandes clientes corporativos, que já destinam seus resíduos por meio de outros canais, também existe uma falta de consciência social de pessoas físicas e de empresas de pequeno porte. Dessa forma, a cobrança pela coleta e destinação dos REEEs é mal vista e não compreendida pela maioria dos clientes. Como mencionado anteriormente, grande parte da população entende que tem o direito a uma coleta sem custo, mesmo de REEEs que não são considerados RSU, inviabilizando o modelo de negócio de pequenas empresas como a Loop.

Com esse cenário em mente, o ex-sócio identificou uma nova oportunidade de negócio ainda dentro do conceito de logística reversa e reaproveitamento de REEEs. Em sua experiência na Loop, observou que muito dos EEEs que chegavam como resíduos ao seu armazém poderiam, com pequenos reparos, ter uma sobrevida de mais alguns anos de uso. Ele acredita que o mercado de EEEs de segunda mão é promissor e no momento concentra seu foco empreendedor em estruturar uma nova empresa. A ideia é seguir valorizando REEEs, mas ao mesmo tempo identificar produtos com potencial de reuso e revenda.

### 6.3 Entrevista com especialista de logística reversa

Flávio de Miranda Ribeiro, engenheiro mecânico formado pela Escola Politécnica da USP, trabalha desde 2002 na CETESB. Já ocupou cargos de gerência das áreas de Produção Mais Limpa e de Consumo e Produção Sustentáveis e atuou como assessor técnico no gabinete da SMA do Estado de São Paulo, sendo coordenador executivo da Política Estadual de Resíduos Sólidos. Atualmente é assistente executivo da vice-presidência da CETESB. Além disso, é também membro do Grupo de Especialistas em Consumo e Produção Sustentáveis do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), pesquisador do Grupo de Prevenção à Poluição - GP2 (Escola Politécnica - USP) e do Programa de Gestão Estratégica Socioambiental - PROGESA (FIA). Tem experiência nas áreas de gestão de resíduos sólidos, Produção mais Limpa (P+L), Análise de Ciclo de Vida (ACV) e Regulação Ambiental Empresarial.

Flávio abordou diversos temas relacionados ao universo da logística reversa no Brasil e no mundo. Inicialmente, apresentou os papéis da ABINEE e da ELETROS,

instituições setoriais atualmente responsáveis pela logística reversa de REEEs no país. Dessa forma, a primeira cuida principalmente de aparelhos celulares e computadores enquanto que a segunda trata de equipamentos da chamada linha branca. De maneira geral, tais ações estão em fase inicial e há poucos resultados práticos.

Em se tratando de experiências internacionais, o caso da UE foi o mais abordado pelo entrevistado. Na UE, as empresas de cada setor criaram fundos para gerir a logística reversa dos bens produzidos por elas. A entidade a operar esse fundo pode ter fins lucrativos ou não, isso depende do setor e do país. Além disso, o financiamento do fundo normalmente é calculado de acordo com o market share de cada uma das empresas envolvidas. Em termos operacionais, ainda na UE, a prática mais comum de recuperação tem sido a moagem dos EEEs descartados para posterior separação de materiais. Tal técnica é justificada pelo alto custo da mão de obra no desmonte e pela escala industrial que este modelo pode atingir. Apesar dos benefícios citados, tal prática desperdiça eventuais ganhos com o reaproveitamento de peças e materiais específicos.

Apesar de não ter participado dos editais de chamamento da PNRS, a CETESB é atualmente um ator importante na implementação da PNRS. Devido a sua mais desenvolvida estrutura industrial, o estado de São Paulo tem tomado a dianteira em termos de aplicações e implementação da logística reversa. Atualmente, a CETESB usa como modelo o sistema de logística reversa da indústria de agrotóxicos, que tem sido bem-sucedido e atingiu 97% do mercado no país.

Para o setor de EEEs, a CETESB já realizou diversas reuniões e campanhas. Inicialmente buscou acordos entre as empresas produtoras e agora busca incluir os municípios e comerciantes. As regras ainda estão sendo criadas e o entrevistado trabalha para incluir a logística reversa no licenciamento ambiental. Ademais, a ideia é incentivar o apoio aos catadores, que deveriam ser remunerados pelo serviço prestado, e buscar uma equidade entre pequenas e grandes empresas.

Um exemplo importante citado por Flávio foi o acordo setorial buscado entre as operadoras de celular. Nesse caso, a alta concorrência entre as empresas foi um grande entrave para se chegar a uma solução. Houve dificuldades em fazer reuniões, criar relatórios em conjunto e definir os padrões a serem usados, cada operadora tinha sua própria métrica e modelo de logística reversa que gostaria de implementar.

Outro ponto interessante levantado pelo engenheiro foi a importância da regulação como garantia de uma concorrência justa e sustentável. Ou seja, da maneira que ocorre hoje em dia, empresas que não seguem os padrões corretos de logística reversa acabam tendo vantagens competitivas com relação àquelas que os seguem. Assim, o custo da logística reversa deveria estar incluído no preço dos equipamentos, isso de forma clara e sem tributação.

As empresas, no geral, tendem a postergar ao máximo a definição dos acordos setoriais. Isso ocorre, pois não há interesse que as regras sejam definidas e elas tenham que aumentar seus custos de operação. Neste cenário, enquanto o governo não enrijecer as regras e punir os infratores é pouco provável que as empresas adotem as práticas desejadas voluntariamente em grande escala. Segundo o entrevistado, as empresas têm boa vontade em um primeiro momento quando se fala de logística reversa, mas isso vai até um determinado limite de gastos que terão que assumir.

Em 2016, a CETESB pretende dispensar o licenciamento ambiental de instalações que visam à logística reversa, como por exemplo urna de celulares e organizações de catadores. Dessa forma, diminuiria os entraves aos que queiram promover a logística reversa de REEEs. Outra proposta seria tratar os REEEs como não perigosos até o instante em que ocorre o desmonte, novamente para atenuar a burocracia envolvida nesse tipo de operação.

Finalmente, Flávio deixou claro que existem diversas iniciativas importantes sendo tomadas pela CETESB, como já mencionado. No entanto, dificuldades financeiras e institucionais ainda precisam ser superadas pelo órgão.

## 7 Aspectos positivos e negativos do caso estudado

Após completadas as etapas do diagnóstico de uma unidade receptora e processadora de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, identificamos diversos aspectos positivos e negativos no caso estudado. Os resultados apresentados visam auxiliar qualquer agente que queira promover e participar da gestão e da logística reversa de REEEs. Considerando que se trata de uma pequena empresa e também englobando os conceitos de ergonomia, direito ambiental, gestão de resíduos sólidos, segurança do trabalho e outros temas relevantes, resumimos os aspectos positivos e negativos da Loop:

<b>Tópicos</b>	<b>Aspectos Positivos</b>	<b>Aspectos Negativos</b>
<b>Infraestrutura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresa com espaços bem distribuídos, com tamanho suficiente para acomodar o volume de REEEs coletado</li> <li>• Veículo de coleta (VUC) apropriado para o fluxo de resíduos que a empresa trabalhava</li> <li>• Escritório administrativo bem equipado com recursos suficientes para realização de suas atividades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A entrada do armazém não possibilita a entrada de veículo maiores, como caminhões</li> <li>• Falta de porta pallets para otimizar o uso do espaço do armazém</li> </ul>

Tópicos	Aspectos Positivos	Aspectos Negativos
<b>Estrutura Administrativa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armazém bem equipado com maquinários, ferramentas e cômodos próprios</li> <li>• Sócios bem capacitados e com experiência para exercerem as funções estabelecidas</li> <li>• Empresa enxuta, permitindo uma fácil adaptação a mudanças no mercado</li> <li>• Poucos colaboradores, com poucos custos trabalhistas e organizacionais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de funcionários para a parte operacional</li> </ul>
<b>Modelo de Negócio e Papel no Mercado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo ambientalmente sustentável, considerando todos os possíveis impactos das atividades desenvolvidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A discordância e separação dos sócios evidenciou uma dificuldade em encontrar um modelo de negócios sustentável economicamente</li> </ul>

Tópicos	Aspectos Positivos	Aspectos Negativos
<b>Conformidade com as Leis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercado de atuação novo, com baixa barreira de entrada e promissor</li> <li>• Bom atendimento aos clientes, com relatórios personalizados</li> <li>• Serviço valorizado por configurar como ambientalmente correto</li> <li>• Altíssima preocupação em atender todas as normas e procedimentos exigidos na legislação vigente</li> <li>• Restrição de só trabalhar com parceiros certificados pelos órgãos reguladores</li> <li>• Documentação em dia e organizada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A pretensão em atuar em várias etapas da gestão de REEEs criou muitas dificuldades, em termos financeiros e operacionais</li> <li>• A cobrança direta do consumidor pela coleta de resíduos não apresentou resultados satisfatórios</li> <li>• Não houve nenhum problema</li> </ul>
<b>Ergonomia e Segurança do Trabalho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armazém bem organizado e limpo, com espaço suficiente para acomodação dos resíduos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de ventilação adequada, com poucas janelas e aberturas</li> </ul>

Tópicos	Aspectos Positivos	Aspectos Negativos
<b>Atividades Operacionais</b>	• Sinalização adequada	• Iluminação artificial insuficiente
	• Ambiente bem iluminado naturalmente, com telhas translúcidas e pé direito alto (superior a 5 metros)	• Falta de boas práticas no uso de equipamentos como empilhadeiras e ferramentas
	• Uso adequado de EPIs	• Refeitório e área de lazer insuficientes
	• Instalações elétricas e hidráulicas em boas condições	
	• Boa gestão de estoque no armazém, cada etapa do processo bem segregada, assim como os tipos de REEEs coletados	• Dificuldades em armazenar, em um mesmo pallet, televisores de TRC ou impressoras, devido a diferentes tamanhos, pesos e formatos.
	• Processos bem definidos com etapas de trabalho previamente sequenciadas e respeitadas	• Impossibilidade de coletar resíduos muito distantes quando em pequeno volume ou valor agregado
		• Demora no desmonte e dificuldade para separar os materiais

---

---

Tópicos	Aspectos Positivos	Aspectos Negativos
<b>Tecnologia</b>	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="730 344 1082 495">• Balanço de massa dos materiais realizado com ajuda de um software desenvolvido pela empresa</li><li data-bbox="730 613 1082 757">• Marketing digital bem explorado, com uso de ferramentas como Google Adwords e redes sociais</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="1166 329 1517 510">• Atividade de desencapar os fios elétricos cuja mecanização é possível e acessível, era realizada manualmente</li><li data-bbox="1166 595 1517 779">• Falta de tecnologias ambientalmente corretas para distinção do tipo de plástico ou polímero, como o IFRT</li></ul>

---

---

## 8 Conclusões

Levando em consideração todo o estudo desenvolvido, é possível afirmar que a problemática dos REEEs tende a aumentar, uma vez que o consumo e a substituição dos EEEs continuam crescentes no Brasil e no mundo. Como resposta a isso, os países desenvolvidos já apresentam considerável avanço no processo de logística reversa, tanto em termos de normativa como de ações implementadas. No Brasil, nota-se que há uma clara busca, do governo e da sociedade, em acompanhar este movimento, embora de uma maneira mais lenta.

A geração de REEEs vem aumentando e se especificando ano após ano e com isso a gestão, regulamentação e fiscalização dos processos de logística reversa tem se modificado. Levando-se em consideração que a PNRS foi implementada em 2010, e que diversas resoluções relacionadas ao tema surgiram desde então, como por exemplo as propostas pelo CONAMA, podemos afirmar que ainda se trata de uma discussão recente e atual. Nesse contexto, vemos uma tendência mundial em seguir o modelo de gestão europeu, de responsabilidade estendida ou ampliada do produtor. No Brasil o cenário ainda é outro, nossa lei prevê a responsabilidade compartilhada entre atores da cadeia de LR, o que cria uma burocracia ineficiente e dificuldades na hora de identificar, e quando necessário punir, os responsáveis pela gestão de REEEs.

A PNRS teve um papel fundamental como marco regulatório no Brasil, no entanto, restam ainda muitas dúvidas de como ela será implementada com relação aos REEEs. Tendo como base exemplos internacionais e o modo como algumas iniciativas governamentais e privadas tem se desenvolvido no país, é possível traçar um cenário futuro. As empresas produtoras de EEEs deverão ser cada vez mais responsáveis pela logística reversa, apesar da opção pela responsabilidade compartilhada no Brasil. Neste cenário, as pequenas unidades receptoras, processadoras e recicladoras de REEEs terão cada vez mais relevância e mercado de atuação. Nesse sentido, serão essas unidades que farão a ponte entre o consumidor final e a indústria, recebendo os REEEs e os transformando em matéria-prima secundária para reintrodução em processos produtivos e específicos.

Tomando como exemplo o estudo de caso realizado junto à Loop, identificamos uma tendência de horizontalização do mercado, ou seja, mais empresas especializadas em atividades específicas e um menor número de empresas que abarquem todas as etapas do processo de gestão dos REEEs. Esse argumento se fortaleceu em nossa entrevista com Flávio de Miranda Ribeiro e quando vimos que a própria Loop, no decorrer de 2016, optou pela mudança de modelo de negócios. A empresa saiu de uma estrutura ativa em quase todas as etapas da gestão de REEEs para se tornar uma

gestora que articula diversas empresas especializadas em cada serviço da cadeia.

Tendo em vista os novos rumos que a Loop está adotando, a partir de setembro de 2016, muitas observações merecem ser destacadas. De uma maneira geral, como já apontado anteriormente, o modelo de negócios que a empresa estava adotando não era sustentável, tanto economicamente como tecnicamente.

A Loop tinha uma proposta de atuar na coleta, no desmonte e no processamento dos REEEs. Assim, assumia riscos e custos que eram difíceis de serem compensados com a receita. A partir da reestruturação, cada ex-sócio está mais focado em determinada atividade. Enquanto que o Luiz Fernando se manteve à frente da Loop como uma intermediária entre os diversos elos da cadeia, o Fernando está buscando ser um consultor de logística reversa de REEEs e também explorar o mercado de EEEs de segunda mão.

Os modelos adotados pelos ex-sócios, após a separação, estão em linha com aquilo que percebemos como o mais adequado, tendo como base as entrevistas e pesquisas realizadas. Na medida em que as empresas produtoras de EEEs assumirem a logística reversa, os serviços oferecidos pelos antigos sócios da Loop terão sua demanda aumentada.

Na parte que tange ao poder público, existe clara falta de enforcement da normativa vigente. Enquanto o Estado não atuar de maneira mais rígida no cumprimento da PNRS e suas derivações, será muito difícil o sucesso de pequenas empresas que queiram auxiliar e participar do mercado de logística reversa e gestão de REEEs. No momento, continua mais vantajoso buscar meios ambientalmente incorretos, que comprometem também a saúde e segurança do trabalhador.

Resumidamente, a sustentabilidade de uma pequena unidade receptora e processadora de REEEs depende não só de fatores operacionais, mas também do ambiente regulatório e mercadológico em que a empresa está incluída. Ou seja, a maneira como o poder público e os fabricantes de EEEs se posicionarem frente a implementação de um sistema de logística reversa será determinante para as pequenas empresas que queiram oferecer serviços relacionados. Finalmente, para questões operacionais a especialização apresenta maiores benefícios, dentro do contexto brasileiro, em termos de mercado para atuação e lucratividade. O diagnóstico final do caso estudado é que o modelo adotado era inviável e insustentável diante do cenário em que a empresa estava inserida.

## 9 Recomendações

Tomando por base todo estudo em questão, ao se analisar a realidade brasileira é difícil imaginar o funcionamento do sistema de logística reversa japonês, por exemplo, em que o consumidor paga ao descartar os REEEs. O modelo mais adotado na Europa, que envolve a criação de instituições gestoras da logística reversa, bancadas pelas empresas de cada setor, mostra um caminho interessante para o Brasil. Dessa forma, não criaria distorções competitivas entre as empresas de cada setor e ainda fomentaria as pequenas empresas que pretendem participar dos diversos processos envolvidos na gestão e logística reversa de REEEs (coleta, separação, desmonte, reciclagem, reutilização e disposição final). Isso ainda reforça a ideia de que empresas especializadas em cada processo serão cada vez mais importantes.

Apesar da PNRS ter adotado a responsabilidade compartilhada do ciclo de vida dos EEEs, existem alguns casos práticos no Brasil em que as empresas produtoras acabam criando sistemas de logística reversa. Como exemplo disso temos a indústria de agrotóxicos e a de pneus, que fecham acordos setoriais e assumem a responsabilidade pelos resíduos de forma semelhante ao modelo europeu. No fim do sistema, o consumidor acaba exercendo seu papel ao pagar mais caro pelos produtos que terão sua logística reversa bancada por essas empresas.

O uso de tecnologias para a otimização dos processos de desmonte, valorização e reciclagem de REEEs é essencial para o funcionamento de um sistema de logística reversa que pretende alcançar toda a indústria. A exemplo do que ocorre nos países desenvolvidos, máquinas de moagem e reconhecimento de matérias são necessárias para se obter um processo escalável e viável economicamente.

Em termos de ergonomia e segurança do trabalho, pequenas unidades receptoras e processadoras de REEEs podem apresentar situações perigosas ou ainda nocivas aos trabalhadores. Isso ocorre pois essas empresas muitas vezes tem poucos recursos para atender aos requisitos básicos, além de, em alguns casos, apresentar falta de conhecimento do tema. Dessa forma, é essencial para unidades que queiram estar de acordo com a legislação dar a esse tema devida atenção, procurando ajudas profissionais no mercado.

Considerando a gestão de REEEs, para estudos posteriores recomendamos primeiramente acompanhar os desdobramentos da implementação da PNRS e suas derivações, e também o desenvolvimento das empresas e demais atores do setor. Um estudo semelhante a este, mas com foco em diferentes atores, de mesmo ou maior porte, para enriquecer o entendimento de quais modelos são sustentáveis

economicamente e tecnicamente. Por fim, é importante uma melhor investigação do ponto de vista das empresas que produzem os EEEs e como elas pretendem se posicionar neste cenário.

## Referências

ABILUX. *Governo e empresas discutem acordo sobre forma de descartar lâmpadas*. 2012. Acesso em 07 de Junho de 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2012/03/governo-e-empresas-discutem-acordo-sobre-forma-de-descartar-lampadas.html>>. Citado na página 32.

ABINEE. *Panorâma Econômico e Desempenho Setorial 2013*. 2013. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/programas/50anos/public/panorama/index.html>>. Citado na página 11.

AL, J. D. et. Logística reversa: como as empresas comunicam o descarte de baterias e celulares? *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 52, n. 2, p. 165 – 178, Março 2012. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 49.

ALVES de O. et al. A abordagem ergonômica no estudo das posturas do trabalho: o caso de uma fábrica de jóias. *Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo* 13.3 (2002): 111-117., v. 13.3, p. 111 –, 2002. Citado na página 65.

APPLE. *Apple Environmental Responsibility Report 2015*. 2016. Acesso em 21 de Maio de 2016. Disponível em: <[http://images.apple.com/environment/pdf/Apple\\_Environmental\\_Responsibility\\_Report\\_2016.pdf](http://images.apple.com/environment/pdf/Apple_Environmental_Responsibility_Report_2016.pdf)>. Citado na página 47.

Araújo. *Ministério do Meio Ambiente*. 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Citado na página 34.

ARAÚJO, M. S. da S.; SANTOS, E. R. dos. Inovações tecnológicas e suas consequências ambientais: conscientização quanto ao descarte. In: *XII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas*. [S.l.: s.n.], 2015. Citado na página 30.

BACHI, M. H. RESÍDUOS TECNOLÓGICOS: A relação dos Resíduos Eletroeletrônicos e a Legislação no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 7, n. 1, p. 1 – 5, 2013. Citado na página 39.

BACILA, D. M.; FISCHER, K.; KOLICHESKI, M. B. Estudo sobre reciclagem de lâmpadas fluorescentes. *Eng Sanit Ambient*, Curitiba, Edição Especial, p. 21 – 30, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 26, 27 e 29.

Brasil. *LEI Nº 6.938/81 - Política Nacional do Meio Ambiente*. Brasil: [s.n.], 1981. Acesso em 05 de maio de 2016. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm)>. Citado na página 36.

Brasil. *LEI Nº 9.605/98 - Crimes Ambientais*. Brasil: [s.n.], 1998. Acesso em 05 de maio de 2016. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm)>. Citado na página 36.

BRASIL. *Lei Nº 12.305 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília: [s.n.], 2010. Acesso em 8 Jul. 2015. 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)>. Citado 4 vezes nas páginas 11, 33, 35 e 45.

BRASIL, N. *Papa-Lâmpadas*. 2016. Disponível em: <[http://www.naturalisbrasil.com.br/papa\\_lampadas.asp](http://www.naturalisbrasil.com.br/papa_lampadas.asp)>. Acesso em: 21/11/2016. Citado na página 44.

CAIN, A. et al. Substance flow analysis of mercury intentionally used in products in the United States. *Journal of Industry Ecology*, v. 11, n. 3, p. 61 – 75, 2007. Citado na página 29.

CARVALHO et al. *RESOLUÇÃO CONAMA nº 258, de 26 de agosto de 1999 Publicada no DOU no 230, de 2 de dezembro de 1999, Seção 1, página 39*. 1999. RESOLUÇÃO CONAMA nº 258 de 1999. Correlações: Alterada pela Resolução nº 301/02 (acrescentados considerandos, alterados os arts. 1o, 2o, 3o, 11 e 12, e acrescentado o art. 12-A). Este texto não substitui o publicado no DOU, de 2 de dezembro de 1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=258>>. Citado na página 37.

CIMELIA. *CIMELIA RECICLAGEM DE ELETROELETRÔNICOS*. 2016. Acesso em 05 de Junho de 2016. Disponível em: <<http://cimelia.com.br>>. Citado na página 49.

CONAMA. *Proposta de resolução CONAMA*. 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/4E1B1104/PropResolREEE3oGT27e28jul10Vlimpa.pdf>>. Citado na página 39.

CROWE, M. *Waste from electrical and electronic equipment (WEEE): quantities, dangerous substances and treatment methods*. [S.l.], 2003. Citado na página 21.

DAHER, C. E.; SILVA, E. P. de L. S.; FONSECA, A. P. Logística reversa : oportunidade para redução de custos através do gerenciamento da cadeia integrada de valor. *Brazilian Business Review*, Vitória, v. 3, n. 1, Janeiro 2016. Citado 2 vezes nas páginas 52 e 53.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. *Ergonomia Prática*. [S.l.]: Tradução de Itiro lida. 2. ed. São Paulo. Edgard Blücher, 2004. Citado na página 50.

DURÃO JÚNIOR, W.; WINDMÖLLER, C. A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes. *Revista Química Nova Escola*, v. 28, p. 15 – 19, 2008. Citado na página 29.

ECOBRAZIL. *ECOBRAZIL RECICLAGEM DE ELETRÔNICOS*. 2016. Acesso em 05 de Junho de 2016. Disponível em: <<http://www.ecobrasil.net>>. Citado na página 49.

ELETROS. *Estatísticas - Presença dos produtos eletroeletrônicos e eletrodomésticos*. 2013. Acesso em 25 Abril 2016. Disponível em: <<http://www.eletros.org.br/portal.php/estatisticas>>. Citado na página 21.

ESTRE. *ESTRE. Lixo é só o começo*. 2016. Acesso em 05 de Junho de 2016. Disponível em: <<http://www.estre.com.br/>>. Citado na página 49.

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. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 16, n. 1, p. 73 – 82, Janeiro/Março 2011. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 32.

GABRIEL, A. P. et al. Reciclagem mecânica de monitores de computadores de tubos de raios catódicos. In: *3o Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente*. [S.l.: s.n.], 2013. Citado na página 45.

GMC. *GM&C LOGÍSTICA E TRANSPORTE*. 2016. Acesso em 05 de Junho de 2016. Disponível em: <<http://www.gmclog.com.br>>. Citado na página 48.

GRANDJEAN, E. *Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem*. 4. ed. [S.l.], 1998. Citado na página 50.

GREEMMAN. *Scrap cable granulator – RECO 130F*. 2016. Acesso em 21 de Maio de 2016. Disponível em: <[http://www.greemman.com/eng/product/product01\\_1.php](http://www.greemman.com/eng/product/product01_1.php)>. Citado na página 44.

GREEMMAN. *Scrap cable stripper – ST300*. 2016. Acesso em 21 de Maio de 2016. Disponível em: <[http://www.greemman.com/eng/product/st\\_300.php](http://www.greemman.com/eng/product/st_300.php)>. Citado na página 44.

HP. *Programa de Reciclagem de Equipamentos HP Brasil*. 2016a. Acesso em 21 de Maio de 2016. Disponível em: <<http://h30248.www3.hp.com/recycle/br-hardware/>>. Citado na página 47.

HP. *Sustentabilidade Ambiental*. 2016b. Acesso em 21 de Maio de 2016. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/\\_arquivos/9\\_\\_hp\\_eco\\_solutions\\_\\_jameson\\_souto\\_36.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/9__hp_eco_solutions__jameson_souto_36.pdf)>. Citado na página 47.

HU, Y.; CHENG, H. Mercury risk from fluorescent lamps in China: current status and future perspective. *Environment International*, v. 44, p. 141 – 150, 2012. Citado na página 29.

IBGE. *Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação*. 2016. Acesso em 07 de Junho de 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.

IIDA, I. *Ergonomia, projeto e produção*. [S.l.]: Edgard Blucher LTDA, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 50 e 51.

INMETRO. *Lâmpada Fluorescente Compacta*. 2016. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/fluorescentes.asp>>. Acesso em: 21/11/2016. Citado na página 43.

LEE, C. Management of scrap computer recycling in Taiwan. *Journal of Hazardous Materials*, Taiwan, v. 73, n. 3, p. 209 – 220, Abril 2000. Citado na página 23.

LOGÍSTICA, H. *Oxil conta com serviços da Head na logística reversa de lixo eletrônico*. 2016. Disponível em: <<http://www.headlogistica.com.br/oxil-counta-com-servicos-da-head-na-logistica-reversa-de-lixo-eletronico/>>. Acesso em: 21/11/2016. Citado na página 49.

MACHADO. *Apple dá exemplo de responsabilidade compartilhada e logística reversa*. 2016. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/apple-da-exemplo-de-responsabilidade-compartilhada-e-logistica-reversa/>>. Citado na página 48.

MACHADO, G. B. *Máquinas para a reciclagem de fios elétricos*. 2016. Acesso em 21 de Maio de 2016. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/maquinas-para-reciclagem-de-fios-eletricos/>>. Citado na página 44.

MACIEL, A. Lixo Eletrônico. *Caleidoscópio*, v. 14, n. 1, p. 119 – 132, Agosto 2014. Citado na página 30.

MATSUTO, T.; JUNG, C.; TANAKA, N. Material and heavy metal balance in a recycling facility for home electrical appliances. *Waste Management*, Hokkaido, v. 24, n. 5, p. 425 – 436, 2004. Citado 3 vezes nas páginas 22, 24 e 31.

MEIRELLES, F. *25ª Pesquisa Anual do Uso de TI*. [S.l.], 2014. Citado na página 33.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Revista Produção*, v. 17, n. 1, p. 216 –, 2007. Citado na página 14.

MOTTA, F. V. “*Avaliação Ergonômica de postos de trabalho no setor de pré-impressão de uma indústria gráfica*.”. 2009. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Juíz de Fora, Juiz de Fora. Citado na página 50.

OSTER. *OSTER*. 2016. Acesso em 05 de Junho de 2016. Disponível em: <<http://www.osterbrasil.com/category.aspx>>. Citado na página 49.

Parlamento Europeu. , *Directiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de Janeiro de 2003: Relativa a restrição do uso de determinadas substancias perigosas em equipamentos eléctricos e eletrônicos*,. 2003. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 20.

PAWLOWSKI, L. Effect of mercury and lead on the total environment. *Environmental Protection Engineering*,, v. 37, n. 1, p. 105 – 117, 2011. Citado na página 29.

PHILLIPS. *Programa Ciclo Sustentável Philips*. 2016. Disponível em: <<http://www.sustentabilidade.philips.com.br/responsabilidade-ambiental/programa-philips-ciclo-sustentavel.htm>>. Citado na página 48.

POLANCO, S. *A situação da destinação pós-consumo das lâmpadas de mercúrio no Brasil*. 2007. Dissertação (Mestrado) — Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia,. Citado na página 29.

RIBEIRO, F. *Caderno Logística Reversa*. [S.l.], 2014. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/cea/files/2014/11/caderno-20-logistica-reversa.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 31.

RIBEIRO, R. *Política de resíduos sólidos apresenta resultados em 4 anos*. 2014. Acesso em 06 de Junho de 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/10272>>. Citado na página 45.

RODRIGUES, A. C. *Impactos Sócio Ambientais dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE): Estudo da Cadeia Pós- Consumo no Brasil*. 2007. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da UNIMEP. Citado 3 vezes nas páginas 21, 41 e 45.

SANT'ANNA, L. T.; MACHADO, R. T. M.; BRITO, M. J. de. A logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no mundo: o desafio da desarticulação dos atores. *Sustentabilidade em Debate*, v. 6, n. 2, p. 88 – 105, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 11, 12 e 45.

SEBRAE. *Como montar um serviço de reciclagem de lixo eletrônico*. 2016. Acesso em 18 de Maio de 2016. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-um-servico-de-reciclagem-de-lixo-eletronico,e4397a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 43.

SHEEHAN, B.; SPIEGELMAN, H. Extended producer responsibility policies in the United States and Canada: history and status. *Governance of Integrated Product Policy In Search of Sustainable Production and Consumption*, Sheffield, U.K., v. 1, n. 1, p. 279 – 379, Dezembro 2005. Citado na página 31.

Silicon Valley Toxics Coalition. *Poison PCs and Toxic TVs*. [S.l.], 2004. Citado na página 25.

SILVEIRA; CHANG. Cell phone recycling experiences in the United States and potential recycling options in Brazil. *Waste Management*, Nova York, v. 30, n. 11, p. 2278 – 2291, Novembro 2010. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 49.

STEP. *E-waste world map*. 2016. Acesso em 07 de Junho de 2016. Disponível em: <<http://www.step-initiative.org/step-e-waste-world-map.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 32.

STHIANNOPKAO, S.; WONG, M. Handling e-waste in developed and developing countries: Initiatives, practices, and consequences. *Science of the Total Environment*, v. 463, p. 1147 – 1153, Outubro 2013. Citado na página 30.

SUZAQUIM. *SUZAQUIM INDÚSTRIAS QUÍMICAS LTDA*. 2016. Acesso em 05 de Junho de 2016. Disponível em: <<http://suzaquim.com.br/>>. Citado na página 48.

TCG. *TCG RECYCLING*. 2016. Acesso em 05 de Junho de 2016. Disponível em: <<http://www.tcgrecycling.com/>>. Citado na página 49.

TEMBRA, N. *Essencis Manufatura Reversa mostra sua plataforma de sustentabilidade durante a ECOGERMA 2009*. 2009. Acesso em 06 de Junho de 2016. Disponível em: <<https://nelsontembra.wordpress.com/2009/03/02/essencis-manufatura-reversa-mostra-sua-plataforma-de-sustentabilidade-durante-a-ecogerma-2009/>>. Citado na página 49.

TOWNSEND, T. G. Environmental issues and management strategies for waste electronic and electrical equipment. Environmental issues and management strategies for waste electronic and electrical equipment. *Journal of the Air and Waste Management Association*, v. 61, n. 6, p. 587 – 610, 2011. Citado na página 20.

UNESCO. *The Entrepreneur's Guide to Computer Recycling*. [S.l.], 2008. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 27.

WIDMER, R. et al. Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 25, p. 436 – 458, 2005. Citado na página 11.

WILLIAMS, E. et al. Environmental, Social, and Economic Implications of Global Reuse and Recycling of Personal Computers. *Environmental Science & Technology*, EUA, v. 42, n. 17, p. 6446 – 6454, 2008. Citado na página 28.

YOSHIDA, F. High-Tech Pollution. 1994. Citado na página 37.

## **Apêndices**

Entrevista de Campo – Fernando D’Imperio (ex-sócio)

- 1) Como é cenário de REEE em São Paulo? Principais atores? Como é o posicionamento da LOOP nesse cenário?
- 2) Como é feita a gestão de REEE em São Paulo, pelo setor privado e público? Principais dificuldades?
- 3) A atual legislação dificulta o trabalho da LOOP? Incentiva ou desmotiva empresas como a sua?
- 4) O que você acha que poderia mudar na legislação atual?
- 5) Na sua opinião, qual a maior dificuldade enfrentada pela LOOP no mercado?

Entrevista de Campo - Luiz Ferando Kirchner Magalhães (ex-sócio)

- 1) Como é cenário de REEE em São Paulo? Principais atores? Como é o posicionamento da LOOP nesse cenário?
- 2) Como é feita a gestão de REEE em São Paulo, pelo setor privado e público? Principais dificuldades?
- 3) A atual legislação dificulta o trabalho da LOOP? Incentiva ou desmotiva empresas como a sua?
- 4) A legislação incentiva ou não seus clientes a buscarem serviços de empresas como a sua?
- 5) O que você acha que poderia mudar na legislação atual?
- 6) Na sua opinião, qual a maior dificuldade enfrentada pela LOOP no mercado? Empresas certificadas, logística de transporte, concorrência, mercadoria, legislação, etc
- 7) A LOOP mudou seu modelo de negócio desde que abriu? Qual o novo foco? Qual o seu atual modelo de negócio?
- 8) Qual o feedback que você recebe de seus clientes quanto ao serviço prestado?
- 9) Qual o produto que te gera maior fluxo e volume na LOOP?
- 10) Qual o produto que gera o maior gargalo?
- 11) Qual produto tem maior valor agregado?
- 12) Se fosse para escolher três produtos para se trabalhar, quais seriam?

- 13) Você acha que parcerias com pontos de coleta, empresas, condomínios, bairros, é algo que ajude no seu negócio? Sem ter um foco em empresas apenas como clientes.
- 14) Como era a logística da LOOP quando vocês começaram? Com o passar do tempo houveram mudanças? Porque? Busca do produto, processamento, entrega. Porque escolheu esse modelo? Hoje tem oportunidades de melhoria?

Entrevista de Campo – Flavio de Miranda (especialista)

- 1) PNRS: A resolução é completa, específica, abrangente?
- 2) Quais as principais oportunidades de melhoria?
- 3) Quanto a REEE, a resolução é suficiente no quesito da logística reversa?
- 4) Quais seus comentários sobre o cenário de REEE no Brasil e mais especificamente em São Paulo?