

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

Hideki Kunitake

**Análise de implantação de logística reversa de resíduos de
equipamentos eletroeletrônicos em São Carlos/SP**

São Carlos

2017

Hideki Kunitake

**Análise de implantação de logística reversa de resíduos de
equipamentos eletroeletrônicos em São Carlos/SP**

Monografia apresentada ao
Curso de Engenharia de Materiais e
Manufatura, da Escola de Engenharia de
São Carlos da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro de
Materiais e Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo
Aparecido Chinelatto.

Coorientadora: Prof. Dra. Maria
Zanin.

São Carlos

2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes e Seção Técnica de Informática, EESC/USP com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

K95a Kunitake, Hideki
Análise de implantação de logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em São Carlos/SP. / Hideki Kunitake; orientadora Marcelo Aparecido Chinelatto; coorientadora Maria Zanin. São Carlos, 2017.

Monografia (Graduação em Engenharia de Materiais e Manufatura) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017.

1. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. 2. Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. 3. Logística Reversa. 4. Suprimento de mercado. 5. Economia circular. I. Título.


Bibliotecário responsável pela estrutura de catalogação da publicação:
Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Hideki Kunitake
Título do TCC: Análise de implantação da logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em São Carlos
Data de defesa: 20/11/2017

Comissão Julgadora	Resultado
Professor Doutor Marcelo Aparecido Chinelatto (orientador)	APROVADO
Instituição: EESC - SMM	<i>Mar. Chinelatto</i>
Professor Doutor Maria Zanin	APROVADO
Instituição: EESC, UFSCar - NuMI-EcoSol	<i>Maria Zanin</i>
Pesquisador Raul Julian Revelo Tobar	APROVADO
Instituição: EESC - SMM	<i>Raul Julian Revelo Tobar</i>

Presidente da Banca Professor Doutor Marcelo Aparecido Chinelatto



(assinatura)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, com todo o amor, carinho, admiração e gratidão pela compreensão, confiança e suporte ao longo desse período de graduação.

Aos meus avós, que sempre acreditaram em meu potencial, mas infelizmente não poderão estar presente, mas estarão comigo sempre em meus pensamentos e sentimentos, quando terminar a graduação.

Aos meus avôs, que me incentivaram a fazer o meu melhor sempre.

Aos integrantes da família Rep OUR, que durante a minha vida universitária proporcionaram ótimos momentos de alegria, aprendizagem e superação.

AGRADECIMENTOS

À minha família, que nos anos de vida universitária nunca perdeu a confiança nas minhas escolhas.

À Professora Doutora Maria Zanin, pela atenção, apoio, paciência e confiança para me aceitar como orientando mesmo não tendo experiência na área de pesquisa durante essa fase de elaboração da monografia.

Ao Professor Doutor Marcelo Aparecido Chinelatto, pela atenção e apoio para me orientar durante a elaboração deste trabalho.

Ao Fórum Comunitário de Resíduos Sólidos de São Carlos, por me deixar participar das reuniões durante a elaboração deste trabalho.

À Universidade de São Paulo, por todo o suporte dado durante a graduação inteira.

À Escola de Engenharia de São Carlos, pelo suporte e por gerar a melhor vida universitária do Brasil.

Ao Departamento da Engenharia de Materiais, pelo suporte durante a graduação e pelo curso de Engenharia de Materiais e Manufatura.

A República Our, que me apoiou e nunca me deixou desanimar durante toda a elaboração deste trabalho e da graduação, e por me proporcionar a melhor vida universitária do mundo e experiências inimagináveis.

RESUMO

KUNITAKE, H. **Análise da viabilidade de implantação da logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em São Carlos.** 2017. Trabalho de Graduação (Engenharia de Materiais e Manufatura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

Com o mundo cada vez mais dependendo do avanço tecnológico, o consumo de equipamentos eletroeletrônicos tem aumentado continuamente, e o descarte de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) também. Soma-se a isso, o consumo de recursos naturais limitados para a manufatura desses produtos que pode conter substâncias tóxicas que contaminam o meio ambiente e a população quando os resíduos gerados não tem destino ambientalmente correto. No Brasil, em 2010, foi aprovada a Lei 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), valendo-se de princípios, objetivos e instrumentos, assim como diretrizes para gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos. Nesta lei também foi instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Os municípios são obrigados a elaborar um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) para garantir a estrutura necessária para a implantação da logística reversa e se utilizar de acordos setoriais, regulamento e termo de compromisso. Portanto, o objetivo principal deste trabalho foi analisar a viabilidade de implantar a logística reversa de REEE em São Carlos por meio de um levantamento bibliográfico e análise de estudos realizados sobre REEE. Na análise da situação da gestão e gerenciamento dos REEE de São Carlos se utilizou o método “suprimento de mercado” para estimar o potencial do volume de REEE do município e comparar com o volume de REEE recolhido pela cooperativa de catadores local. Foi constatado que o processo de adequação da PNRS está na fase de elaboração do PMGIRS, o que demonstra que o município ainda não conseguiu se estruturar para implantar a logística reversa de REEE. A análise da viabilidade da implantação da logística reversa dos REEE em São Carlos foi realizada bem como descrito o ciclo de vida do EEE e identificados os atores que interferem nesse ciclo. Finalmente o trabalho sugere diretrizes e ações para melhoria do sistema de logística reversa de São Carlos entre as quais a adoção dos REEE entre grande, que contem a linha branca, e pequena, as linhas verde, marrom e azul, iniciar a

implementação da Economia Circular para auxiliar a logística reversa dos REEE grande, entre outras.

Palavras-chave: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Logística reversa. Suprimento de mercado. Economia Circular.

ABSTRACT

KUNITAKE, H. **Analysis of the feasibility of implementing reverse logistics of waste electrical and electronic equipment in São Carlos.** 2017. Undergraduation monograph (Materials and Manufacturing Engineering) – Engineering School of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2017.

With the world increasingly dependent on technological advancement, the consumption of electronic equipment has continuously increased, and the disposal of waste electrical and electronic equipment (WEEE) as well. Add to that the consumption of limited natural resources for the manufacture of these products which may contain toxic substances that contaminate the environment and the population when the waste generated has no environmentally correct destination. In Brazil, Law 12,305 was approved in 2010, establishing the National Solid Waste Policy (PNRS), using principles, objectives and instruments, as well as guidelines for integrated management and solid waste management. In this law also was established the shared responsibility for the product life cycle. Municipalities are required to prepare a Municipal Integrated Solid Waste Management Plan (PMGIRS) to ensure the necessary structure for the implementation of reverse logistics and to use sectoral agreements, regulation and term of commitment. Therefore, the main objective of this work was to analyze the feasibility of implementing the reverse logistics of WEEE in São Carlos through a bibliographic survey and analysis of studies on WEEE. In the analysis of the management of WEEE in São Carlos, the "market supply" method was used to estimate the potential of WEEE volume in the city and to compare it with the volume of WEEE collected by the local waste collectors' cooperative. It was verified that the process of adequacy of the PNRS is in the preparation phase of the PMGIRS, which shows that the municipality has not yet been able to structure itself to implement the reverse logistics of WEEE. The analysis of the feasibility of the implementation of the reverse logistics of WEEE in São Carlos was carried out as well as described the life cycle of the EEE and identified the actors that interfere in this cycle. Finally the work suggestions of guidelines and actions to improve the logistics system review of São Carlos among which the adoption of WEEE between large, containing the white line, and small, green, brown and blue lines, start implementation of the Economy Circular to assist the reverse logistics of large WEEE, among others.

Keywords: Waste electrical and electronic equipment. Solid waste management.
Reverse Logistic. Market supply. Circular Economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração do princípio da economia circular.....	37
Figura 2: Ilustração do segundo e terceiro princípios da economia circular.....	38
Figura 3: Matriz de opções de modelos de logística reversa.....	40
Figura 4: Classificação das referências.....	41
Figura 5: Fluxograma do ciclo de vida de um EEE.....	42
Figura 6: Taxa de reciclagem para cada tipo de equipamento.....	45
Figura 7: Fluxograma apresentando os tipos de Reciclagem de REEE.....	47
Figura 8: Fluxograma com procedimentos feitos para atingir aos objetivos.....	51
Figura 9: Lógica de cálculo de geração de REEE (suprimento de mercado).....	54
Figura 10: Curva do preço de reciclagem REEE pequeno.....	57
Figura 11: Limite territorial do município de São Carlos.....	61
Figura 12: Gráfico de IFDM e áreas de desenvolvimento.....	63
Figura 13: Gráfico da estimativa do potencial de REEE em 2017 por linha de EEE.....	65
Figura 14: Gráfico da estimativa do potencial de REEE em 2017 por linha de EEE.....	66
Figura 15: Estimativa de potencial de REEE gerado no Brasil.....	66
Figura 16: Potencial de REEE para 2017.....	67
Figura 17: Relação de REEE com o PIB per capita e a linha de tendência.....	69
Figura 18: Gráfico de material recebido, comercializado e estimativa de rejeito bimestralmente, em quilos.....	71
Figura 19: Porcentagem de cada tipo de REEE coletado em Outubro de 2015.....	72
Figura 20: Percurso para recolher os REEEs nos Ecopontos.....	73
Figura 21: Investimentos iniciais para um centro de triagem pequeno em 2017.....	74
Figura 22: Custos operacionais anual para o funcionamento de um pequeno centro de triagem.....	74
Figura 23: Fluxograma do modelo proposto.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição média do REEE.	45
Tabela 2: Composição média de uma placa de circuito impresso.	46
Tabela 3: Guia do transportador (RLV Soluções Empresariais como responsável técnico).	58
Tabela 4: Dados sobre população, economia, educação e território.	62
Tabela 5: Estimativa de geração de REEE por linha de produto para o ano de 2017.	64
Tabela 6: Estimativa de geração de REEE por linha para São Carlos em 2017.	64
Tabela 7: Dados para o cálculo do Volume de REEE gerado pelo Brasil.	65
Tabela 8: Ciclo de vida por produto, em anos.	67
Tabela 9: Geração de REEE por habitante, em quilograma por habitante.	68
Tabela 10: Geração de REEE por país de acordo com o PIB per capita.	68
Tabela 11: Valores de investimento e custo anual de operação para o ano de 2017.	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Diretrizes de gestão de REEE nacionais e estadual.	36
Quadro 2: Substâncias tóxicas associadas ao tipo de REEE e o impacto na saúde.....	44
Quadro 3: Tabela de objetivos, procedimento, recurso e resultado	52
Quadro 4: Endereços dos EcoPontos e Cooperativa.	70
Quadro 5: Propostas para iniciar a logística reversa de REEE.....	78

LISTA DE SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EEE	Equipamento Eletroeletrônico
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
GPS	Global Positioning System
GRS	Gestão de Resíduos Sólidos
GRSU	Gestão de Resíduos Sólidos Urbano
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFDM	Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal
LR	Logística Reversa
ONU	Organização das Nações Unidas
PERS	Política Estadual de Resíduos Sólidos
PET	Poli(Tereftalato de Etileno)
PIB	Produto Interno Bruto
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RECICL@TESC	Reciclagem Tecnológica da Rede Social São Carlos
REEE	Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
USP	Universidade de São Paulo
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
2 OBJETIVO.....	29
3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	31
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	31
3.1.1 Definição	31
3.1.2 Resíduo de equipamentos eletroeletrônicos	33
3.2 POLITICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	34
3.3 LEGISLAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE REEE	35
3.4 ECONOMIA CIRCULAR	37
3.5 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	38
3.6 LOGÍSTICA REVERSA.....	39
3.6.1 Definição	39
3.6.2 Modelos de logística reversa	40
3.7 DEFINIÇÃO DE CICLO DE VIDA, FLUXO DE REEE E IDENTIFICAÇÃO DOS ATORES	42
3.8 RECICLAGEM DE REEE.....	43
3.8.1 Potencial de obtenção de materiais a partir de REEE	44
3.8.2 Tipos de reciclagem de REEE.....	46
4 MATERIAIS E MÉTODOS	51
4.1 FLUXOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE PESQUISA.....	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
5.1 DESCRIÇÃO OBJETO EMPÍRICO	61
5.1.1 Estimativa de geração de resíduos de equipamentos eletro eletrônico em São Carlos	64
5.2 CENÁRIO ATUAL DE SÃO CARLOS EM RELAÇÃO AOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICO	69
5.3 ESTIMATIVA PARA A IMPLANTAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA EM SÃO CARLOS.....	72
5.4 PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA MELHORIA DO FLUXO DA LOGÍSTICA REVERSA.....	75
6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
7 BIBLIOGRAFIA.....	81

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas do mundo nas últimas décadas é a crescente produção de resíduos sólidos, e quando somada ao crescimento populacional, desenvolvimento de novos produtos, ausência de políticas públicas, consumismo e a desinformação faz com que a destinação inadequada desses resíduos cause poluição do solo, mananciais, ar e por consequência doenças no ser humano. Como há uma grande concentração da população em centros urbanos, aproximadamente de 84% no Brasil (IBGE 2010), o aumento do poder de comprar faz com que cresça o consumo de equipamentos eletroeletrônico, o que implica numa maior geração desse tipo de resíduo. De acordo com o Programa para o Meio Ambiente da ONU (Pnuma, 2015), a quantidade de resíduo eletroeletrônico gerada pelo mundo todo deve chegar a 50 milhões de toneladas em 2017.

Os REEEs, como por exemplo, celulares, notebooks, batedeiras, furadeiras, TVs, monitores são um grande problema para a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos por causa da obsolescência programada que encurta a vida útil, o avanço tecnológico que sempre está lançando uma versão mais nova ou um produto novo, a alta integração dos componentes que faz com o reparo seja mais difícil, especializado e caro, e a facilidade de importação desse tipo de produto. Além disso, os REEEs podem ter componentes perigosos que se não tiver uma destinação final adequada resulta na contaminação do meio ambiente e perigo à saúde humana. (CASTRO, 204)

Diante das dificuldades da administração pública em gerenciar todos os resíduos, estado como o de São Paulo, instituiu a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) em 2006 que define princípios e diretrizes para a gestão e gerenciamento (São Paulo 2006) e em 2009 como complemento da PERS, foi promulgada a Lei Nº 13.576, de 06 de julho, instituiu “normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico” (São Paulo, 2009a). Em 2010, a aprovação da Lei Nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos e, o Decreto Nº 7.404/2010, que a regulamentou. Embora tardia, foi um marco para o Brasil, porque foi o início da transição de um país preocupado apenas com a cadeia produtiva para um que se preocupa também com o ciclo de vida do produto.

A PNRS define:

“...princípios, objetivos e instrumentos bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluído os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis” (BRASIL,2010, Art.1º).

Assim, a minimização dos impactos ambientais promovidos pelos REEEs recebeu especial atenção, motivando estudos de gestão e gerenciamento dessa classe de resíduos. Foi dada especial atenção na recuperação de metais nobres dos resíduos de equipamentos de informática como as placas de circuitos impressa, por exemplo, seja na reciclagem ou na logística reversa dela como nos estudos do Utimura (2014), Rubin (2014) e Caldas (2017). Rajovic (2016) realizou um estudo de caso na cidade de Uberlândia onde foram propostas diretrizes e ações para ser aplicado na gestão e gerenciamento de REEE. Simão (2017) realizou um diagnóstico dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de uma Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo. Além disso, Castro (2014) e Neves (2015) que realizaram o diagnóstico da gestão de resíduos gerado de computadores *desktops*, *laptops* e *notebook*, *tablets* e acessórios de informática em São Carlos-SP.

O Brasil ainda precisa desenvolver a parte de gestão e gerenciamento dos REEEs e indo de encontro a isso, a logística reversa que visa o recolhimento dos produtos pós-consumo e a triagem, que poderia ser visto como o “objetivo” da gestão e gerenciamento e o como será feito a logística reversa é baseado na economia circular que busca na natureza conceitos para modificar o ciclo de vida do produto, o qual atualmente é linear para um que leva em consideração o ciclo técnico e os atores podem interferir mais ativamente, visto que é nesse ciclo que os comerciantes, assistências técnicas, fabricantes e importadores recebem os produtos pós-consumo para recondiçaná-los e reinserir no ciclo de vida do produto. No entanto, quando os produtos pós-consumo não tem mais possibilidade de ser recondiçionado, esses resíduos passam por processos químicos para a recuperação de materiais e ser reinserido como matéria prima para os fabricantes que é o ciclo biológico (Ellen MacArthur Foundation).

Considerando os estudos analisados, o presente trabalho visa realizar a análise da viabilidade financeira de implantar a logística reversa, assim como caracterizar a Cidade de São Carlos em relação à Gestão e Gerenciamento de REEE. Além de propor

ações, com base na Economia Circular, para a melhoria do retorno do fluxo de REEE de São Carlos para a cadeia produtiva.

2 OBJETIVO

O objetivo geral desse trabalho é analisar a viabilidade da logística reversa e propor ações para a melhoria do retorno do fluxo de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) da cidade de São Carlos à cadeia produtiva.

Objetivos específicos são:

- caracterizar a gestão dos REEEs em São Carlos, estimando a quantidade gerada e identificando quais são os problemas em seu gerenciamento;
- identificar e detalhar os atores, a cadeia produtiva e o fluxo de REEEs que interferem na gestão e gerenciamento de REEEs;
- pesquisar e avaliar as diretrizes, ações e ferramentas que influenciam a gestão e gerenciamento de REEEs;
- propor diretrizes e ações para a melhoria do retorno do fluxo de REEE de São Carlos à cadeia produtiva;

3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Neste capítulo será apresentada uma revisão bibliográfica relacionada à temática do presente trabalho para auxiliar no seu entendimento. Sendo assim, essa revisão abordará temas como resíduo sólido, geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, gestão e gerenciamento de resíduo sólido, economia circular, logística reversa, ciclo de vida, PNRS e leis específico de REEEs.

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduos sólidos são os restos sólidos ou semissólidos do pós-consumo que não tem mais a funcionalidade projetada ou original, por exemplo, restos de comida, podas de árvore, garrafa PET entre outros.

3.1.1 Definição

O termo resíduos sólidos pode apresentar algumas definições como o da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

“Resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”. (NBR10004:2004)

A lei 12305/10 define resíduos sólidos como:

“Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o

seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”(BRASIL2010)

No artigo 13 da lei 12305/10, classifica os resíduos de acordo com:

I - quanto à origem:

1. Resíduos Domiciliares: originam-se das atividades domésticas em residências urbanas;
2. Resíduos de Limpeza Urbana: originam-se da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
3. Resíduos Sólidos Urbanos: que engloba os Resíduos “1”(por exemplo, resto de comida, papel higiênico) e “2”(por exemplo, folha de árvore, sacos plásticos);
4. Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico: os que são gerados nessas atividades, excetuados os resíduos sólidos urbanos;
5. Resíduos Industriais: gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
6. Resíduos de Serviços de Saúde: gerados nos diversos serviços de saúde;
7. Resíduos da Construção Civil: gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídas os originados da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
8. Resíduos Agrossilvopastoris: gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos nelas utilizados;
9. Resíduos de Serviços de Transportes: originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

10. Resíduos de Estabelecimentos Comerciais e Prestadores de Serviços: os gerados nessas atividades, excetuados de limpeza urbana, da construção civil, e de serviços públicos de saneamento básico e de transporte;

11. Resíduos de Mineração: gerados na pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios

II – quanto à periculosidade:

1. Resíduos perigosos: aqueles que apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade;

2. Resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados nas condições anteriores (BRASIL,2010).

3.1.2 Resíduo de equipamentos eletroeletrônicos

Esse tipo de resíduos é proveniente dos equipamentos eletroeletrônico, cuja diretiva *weste electrical and eletronic equipment* (WEEE) da união europeia define como:

[...]qualquer equipamento dependente de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos para funcionar adequadamente, bem como o equipamento para a geração, transferência e medida de tais correntes e campos, projetados para uso com uma voltagem que não exceda 1000 volts para corrente alternada e 1500 volts para corrente contínua (European Parliament, 2012).

Os equipamentos são classificados, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), em:

- Linha branca: refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar;
- Linha marrom: monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras;

- Linha verde: computadores desktops e laptops, acessórios de informática, tablets e telefones celulares;
- Linha azul: batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras;

3.2 POLITICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Na ausência de uma política nacional implementada, alguns estados, como São Paulo, elaborou uma Política Estadual de Resíduos Sólidos própria, nesse caso em vigor desde 2006. Antes a PNRS, em 2007 foi aprovado a Política Nacional de Saneamento Básico e decreto aprovado 2010 que incluía o Resíduo Sólido ao saneamento básico e no mesmo ano, em agosto foi instituída a PNRS e em dezembro foi aprovado o decreto.

A Lei Nº12.305, de 02 de agosto de 2010, apresenta um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares para que ocorra a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos(BRASIL,2010).

Sendo assim, os princípios da PNRS são:

- I - A prevenção e a precaução;
- II - O poluidor-pagador e o protetor-recebedor;
- III - A visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;
- IV - O desenvolvimento sustentável;
- V - A ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e traga qualidade de vida e redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente a capacidade de sustentação estimada do planeta;
- VI - A cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;
- VII - A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

VIII - O reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;

IX - O respeito às diversidades locais e regionais;

X - O direito da sociedade à informação e ao controle social;

XI - A razoabilidade e a proporcionalidade (BRASIL, 2010 art. 6º).

Além disso, a PNRS instituiu instrumentos de planejamento a níveis nacional, estadual, microrregional, intermunicipal e metropolitano e municipal. Sendo que a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), de acordo com os termos da PNRS, passa a ser uma condição para que o município possa ter acesso a recursos da União destinados a empreendimentos e serviços de limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou terem incentivos ou financiamentos de entidade federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

Outro conceito que teve atenção especial foi a logística reversa, onde a lei definiu a regulamentação, acordo setorial e termo de compromisso como instrumento que poderão ser usado para a implantação da logística reversa (BRASIL, 2010).

O Acordo setorial que é um acordo contratual entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes para a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Onde o principal objetivo é promover a logística reversa (BRASIL, 2010).

3.3 LEGISLAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE REEE

A quadro 1 apresenta as legislações que se refere aos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos diretamente ou indiretamente, assim como os objetivos de cada uma.

Quadro 1: Diretrizes de gestão de REEE nacionais e estadual.

Legislação	Objetivo
Norma brasileira ABNT/NBR 10.004/2004	Classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.
Lei Federal 12.305/2010 PNRS	Institui diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos às responsabilidades dos geradores e do Poder Público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.
Resolução CONAMA nº 401/2008	Estabelece limites máximos de metais pesados em pilhas e baterias comercializadas no país
Lei Estadual (SP) 13.576/2009	Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de REEE.

Fonte: Caldas (2017)

Dentre as leis da quadro 1, a única que fala diretamente dos REEE é Artigo 4º, da lei estadual 13,576/2009 que dá orientações sobre informações que deve estar contida na embalagem:

Os produtos e componentes eletroeletrônicos comercializados no Estado devem indicar com destaque, na embalagem ou rótulo, as seguintes informações ao consumidor:

- I – advertência de que não sejam descartados em lixo comum;
- II – orientação sobre postos de entrega do lixo tecnológico;
- II – endereço e telefone de contato dos responsáveis pelo descarte do material em desuso e sujeito à disposição final;
- IV – alerta sobre a existência de metais pesados ou substâncias tóxicas entre os componentes do produto (SÃO PAULO, 2009a).

As leis ainda estão vendo gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos como solução para um problema, que são os REEE, como se a dificuldade da disposição final é pelo simples fato de terem componentes tóxicos, e o fato da alta integração dos componentes é muito difícil separá-los sem que ocorra a contaminação. Por tanto, as leis deveriam contemplar mais o momento de desenvolvimento do projeto a desmontagem e separação seja facilitada. Além de leis mais especificar para os REEE, de acordo com tamanho e linha de EEE, por exemplo.

3.4 ECONOMIA CIRCULAR

Durante muito tempo pensou que a fonte de matéria prima era vasta e inesgotável, e a produção e consumismo pensava de maneira linear, como, “extrair, transformar, e descartar”. Porém começou-se a perceber que a fonte, que até então, era ilimitada poderia acabar, e transformar de modo que a produtividade fosse o mais alto possível sem pensar no descarte, não estava sendo mais o suficiente para ter uma boa reputação para o público alvo. No entanto, como muitas coisas que o ser humano faz que é imitar a natureza, o biomimetismo, começou a perceber que tudo no ecossistema é um ciclo, como o ciclo do carbono, do nitrogênio, da água, e isso fez com que nascesse a Economia Circular.

De acordo com a fundação Ellen MacArthur, a Economia Circular é um ciclo de desenvolvimento positivo contínuo que preserva e aprimora o capital natural, otimiza a produção de recurso e minimiza riscos sistêmicos administrando estoques finitos e fluxos renováveis.

Na figura 1, apresenta o primeiro princípio que é preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis.

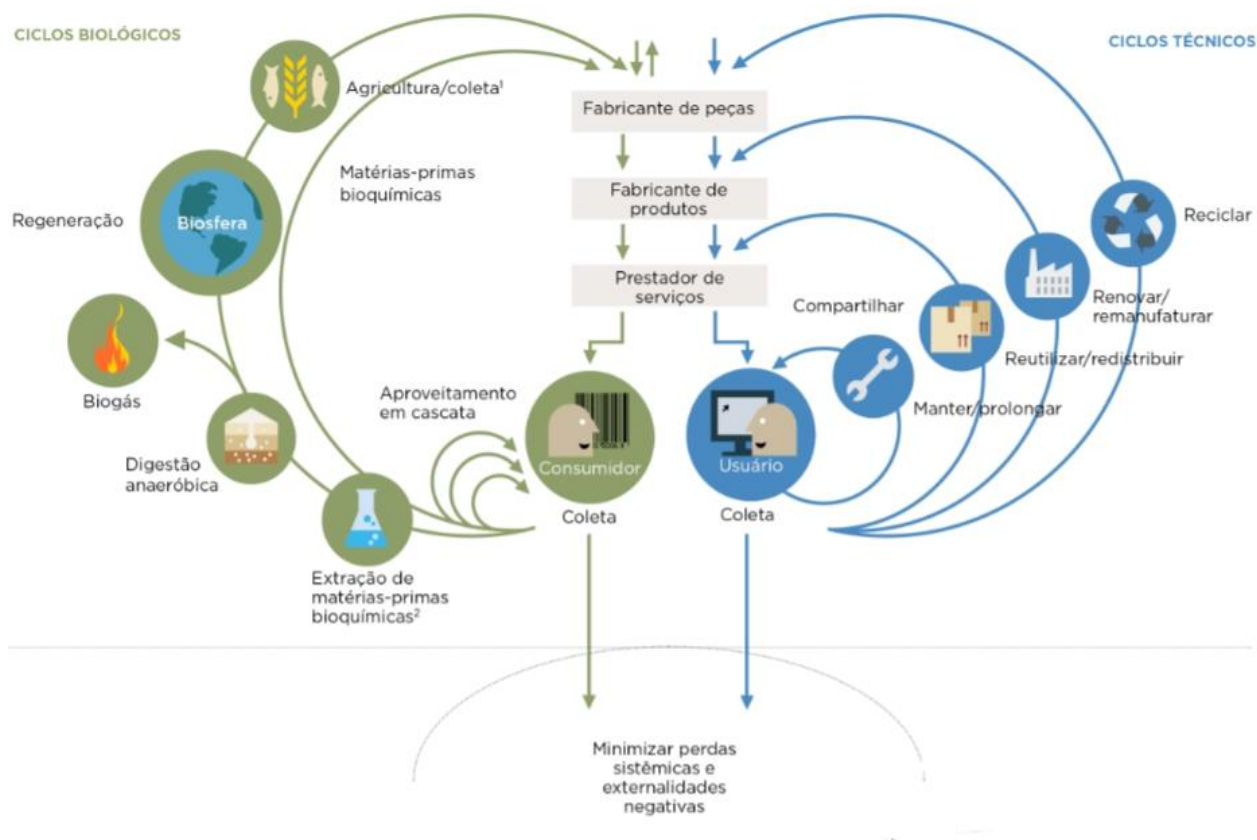
Figura 1: Ilustração do princípio da economia circular.



Fonte: Ellen MacArthur Foundation

A figura 2 representa o segundo princípio que é otimizar o rendimento de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais em uso no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico e o terceiro princípio que é estimular a efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas desde o princípio.

Figura 2: Ilustração do segundo e terceiro princípios da economia circular.



Fonte: Ellen MacArthur Foundation

3.5 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos é um tema muito abordado recentemente, porém muitos não sabem diferenciar a gestão de gerenciamento. De acordo com a Política Nacional, a gestão e gerenciamento devem considerar a hierarquia de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento de resíduos sólidos e disposição final ambientalmente correto e são definidas da seguinte maneira:

- Gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável;
- Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e

disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL,2010).

A Política Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo define a gestão e o gerenciamento como:

- Gestão integrada de resíduos sólidos: a maneira de conceber implementar, administrar os resíduos sólidos considerando uma ampla participação das áreas de governo responsáveis no âmbito estadual e municipal (SÃO PAULO,2006);
- Gestão de resíduos sólidos: conjunto de decisões estratégicas e de ações voltadas à busca de soluções para os resíduos sólidos, envolvendo políticas, instrumentos e aspectos institucionais e financeiros;
- Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações encadeadas e articuladas aplicadas aos processos de segregação, coleta, caracterização, classificação, manipulação, acondicionamento, transporte, armazenamento, recuperação, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos (SÃO PAULO, 2009).

3.6 LOGÍSTICA REVERSA

A logística reversa, intuitivamente, seria todo o caminho do produto pós-consumo até o produtor/ importador ou destinação final. Sendo assim, seria o oposto da logística que se preocupa com o caminho de produção do produto, desde a matéria prima até o consumidor final.

3.6.1 Definição

A PNRS define a logística reversa dos resíduos sólidos, como:

- Logística reversa: 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).

3.6.2 Modelos de logística reversa

Os modelos de logística reversa, segundo a Inventta 2012, são classificados de acordo com a responsabilidade (fabricante, governo ou compartilhada) e modelo de competição (competitivo ou monopolista). Como é mostrado na figura 3.

Figura 3: Matriz de opções de modelos de logística reversa.

		RESPONSABILIDADE PELA LOGÍSTICA REVERSA		
		Fabricante	Compartilhada	Governo
MODELO DE COMPETIÇÃO	Monopolista	<p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Normalmente são iniciativas pioneiras de menor porte com intuito de marketing e/ou fortalecimento de marca do fabricante; • Em algumas iniciativas os fabricantes restringem a coleta apenas das suas próprias marcas; • Os números normalmente são menos significativas; 	<p>B</p> <ul style="list-style-type: none"> • Normalmente são grandes organizações não governamentais que gerem a logística reversa; • Esse tipo de iniciativa é uma resposta mobilizada e organizada para a legislação vigente que determina responsabilidade compartilhada no processo; • Modelo mais utilizado por outros setores brasileiros; 	<p>C</p> <ul style="list-style-type: none"> • O estado mobilizado para organizar e gerir a logística reversa; • Esse tipo de iniciativa requer um estado atuante com boa capacidade gerencial (tanto no aspecto da logística quando no aspecto financeiro);
	Competitivo	<p>D</p> <ul style="list-style-type: none"> • Normalmente acontece quando muitas organizações não governamentais atuam na logística reversa; • Os fabricantes criam/se associam a diferentes instituições; • Esse tipo de estrutura é decorrente da iniciativa de diferentes fabricantes à legislação vigente; 	<p>E</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equivalente ao caso [D], mas esse tipo de estrutura é decorrente da iniciativa de diferentes fabricantes à legislação vigente (que determina que a responsabilidade será compartilhada); 	<p>F</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não aplicável

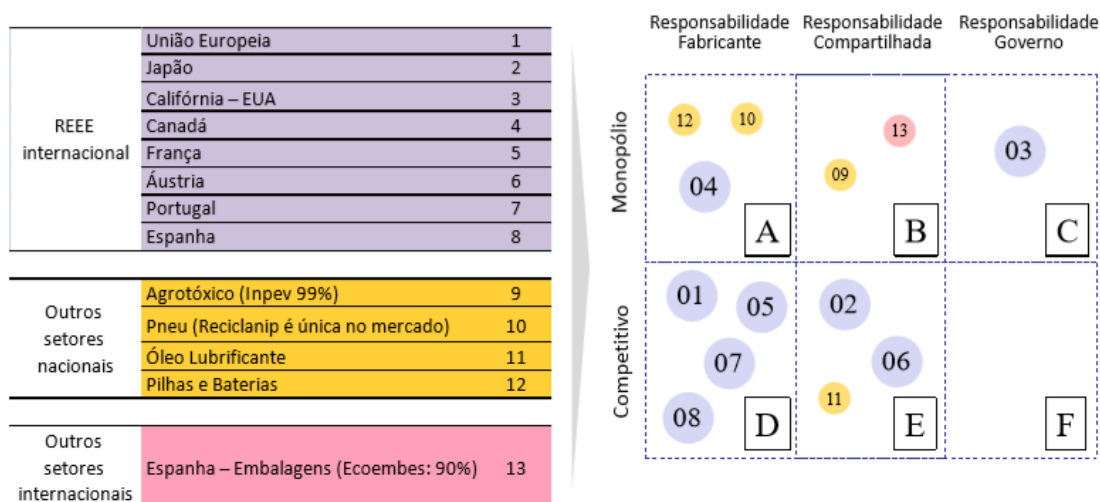
Fonte: Inventta (2012).

A figura 3 apresenta diferentes maneira que os atores interferem no ciclo de vida do produto e mostra como os 6 modelos de logística reversa funcionam, sendo que:

- A – Responsabilidade do Fabricante e o modelo é monopolista;
- B – Responsabilidade Compartilhada e o modelo é monopolista;
- C – Responsabilidade do Governo e o modelo é monopolista;
- D – Responsabilidade do Fabricante e o modelo é competitivo;
- E – Responsabilidade Compartilhada e o modelo é competitivo;
- F – Responsabilidade do Governo e o modelo é competitivo (não existe).

A figura 4 apresenta exemplos de modelos de logística reversa, classificando-as de acordo com o a responsabilidade e modelo de competição apresentado na figura 3, segundo a Inventta, 2017. Além de separar por cores que representa o tipo de material e se o programa é nacional ou internacional.

Figura 4: Classificação das referências



Fonte: Inventta(2012).

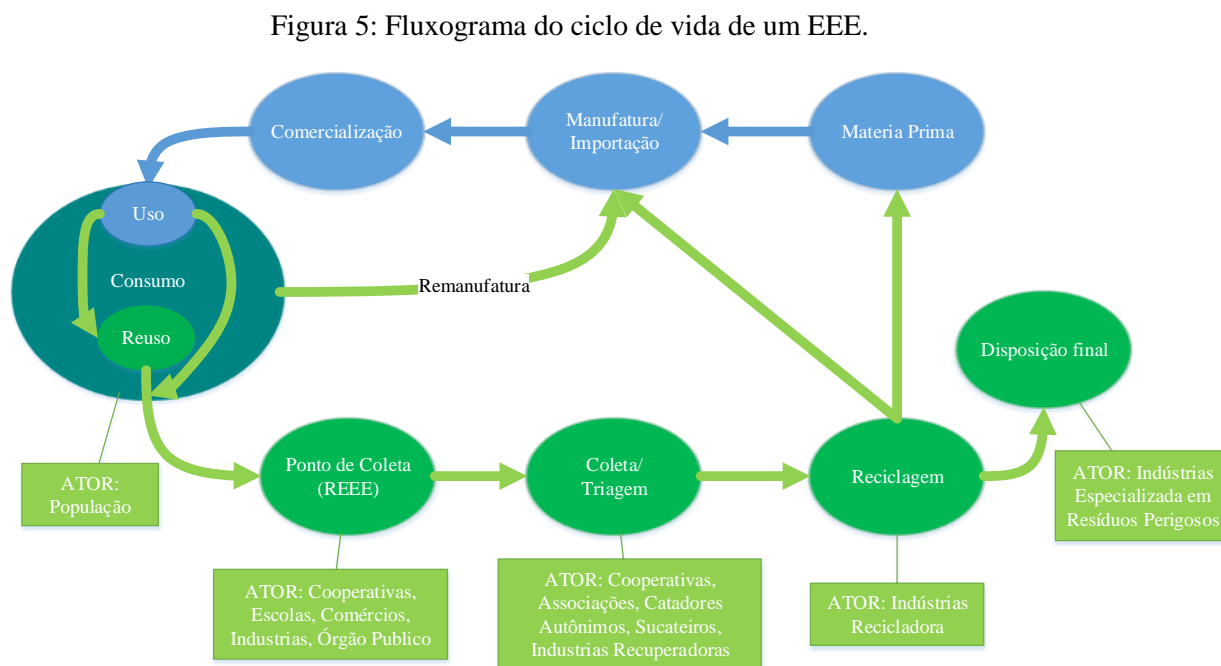
Analisando a figura 4, conclui-se que a maioria dos programas de logística reversa de REEE está localizada no modelo competitivo, onde terá varias organizações fazendo a gestão dessa classe de resíduos, porém os sistemas de logística reversa da União Europeia, França, Portugal e Espanha têm como responsáveis os fabricantes, enquanto o do Japão e da Áustria, compartilhada. Único que faz parte do modelo competitivo, mas não é sobre REEE, é o de Óleo Lubrificante que é um programa brasileiro, onde o modelo competitivo e a responsabilidade é compartilhada.

No entanto, o modelo monopolista, apresenta o programa de logística reversa como o do Canadá, que é de REEE, Pneu e pilhas e baterias como responsabilidade do fabricante. O de Agrotóxico e de embalagens (Espanha) têm a responsabilidade compartilhada. O único programa que é responsabilidade exclusiva do governo é o da Califórnia-EUA.

3.7 DEFINIÇÃO DE CICLO DE VIDA, FLUXO DE REEE E IDENTIFICAÇÃO DOS ATORES

De acordo com Barbieri (2011) o ciclo de vida de um produto são todas as etapas que ele passa desde a extração da matéria-prima a obsolescência, isto é, passando desde a origem dos recursos produtivos no meio ambiente, beneficiamento, transporte, estocagens e outros, incluindo os reaproveitamentos na forma de reuso, reciclagem e revalorização energética, entre outros.

A figura 5 ilustra o fluxograma do ciclo de vida de um EEE, sendo em verde o fluxo do REEE e nas caixas de texto são identificados os atores que atuam em cada fase da logística reversa, que é toda a parte em verde.



Fonte: Elaborado pelo Autor

De acordo com o modelo, onde o foco da logística reversa está no fim da 1ª vida útil, que seria o balão azul identificado como “uso”, no reciclado, que é a parte da coleta/triagem e disposição final, que é o descarte dos rejeitos.

O fluxo de REEE aparece a partir do uso, pois ai pode ter três destinos:

- reuso, onde o equipamento apresenta funcionalidade e possibilita a doação para um segundo usuário;

- remanufatura, onde o equipamento apresenta algum defeito, e é enviado a fábrica para um condicionamento e revendido como um produto de segunda linha;
- descarte, quando o consumidor primário ou secundário entrega o equipamento ou entrega para a coleta seletiva.

O ponto de coleta são os ecopontos, que são local destinado a entrega voluntária de até 1m³ de resíduos de construção civil, materiais recicláveis, móveis velhos, eletrodomésticos e equipamentos eletrônicos (São Carlos, 2017b), e pontos de entrega voluntário, como comércio que vende os equipamentos, cooperativas, assistências técnicas e/ou instituições como Recicl@tesc, esses locais são apenas um ponto de armazenamento temporário.

A coleta que pode ser feita por cooperativa, recolhe os REEE nos pontos de coleta, faz a triagem e o material recolhido é vendido para as recicladoras.

A reciclagem é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolvem a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos (BRASIL, 2010). Os rejeitos são descartados.

3.8 RECICLAGEM DE REEE

A necessidade da reciclagem dos REEE está na composição que apresenta diversos tipos de materiais como ferro e aço, metais não ferrosos (cobre, alumínio, etc), vidros, plásticos, e essa composição podem variar de acordo com o equipamento e o ano de fabricação (Gerbase e Oliveira, 2012). Além disso, algum desses materiais podem ser elementos químicos perigosos e acaba trazendo riscos no manuseio, no armazenamento e disposição inadequados. Por isso, devem-se tomar precauções para não ocorrer à contaminação do meio ambiente ou nos seres humanos.

A quadro 2 informa as composições dos materiais perigosos existentes nos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Quadro 2: Substâncias tóxicas associadas ao tipo de REEE e o impacto na saúde.

Substância tóxica	Como é usado	Impacto à saúde
Antimônio (Sb)	Agente de derretimento em vidro CRT, caixas de plástico de computador e liga de solda dos cabos.	O antimônio foi classificado como cancerígeno. Pode causar dor no estômago, vômitos, diarreia e úlceras de estômago através da inalação de altos níveis de antimônio durante um longo período de tempo.
Arsênio (As)	O arsenieto de gálio é usado em diodos emissores de luz	Tem efeitos crônicos que causam doenças da pele e câncer de pulmão e sinalização nervosa prejudicada
Bário (Ba)	velas de ignição, as lâmpadas fluorescentes e getters CRT em tubos de vácuo	Causa o inchaço do cérebro, fraqueza muscular, danos ao coração, fígado e baço, embora a exposição a curto prazo
Berílio (Be)	Fontes de alimentação, placas-mãe e relés	A exposição ao berílio pode levar à beriliose, câncer de pulmão e doença da pele, o berílio é um carcinógeno
Retardantes de chamas bromados (BRFs): Polibromobifenilo (PBBs), Difenil éteres polibromados (PBDEs) e Tetrabromobisfenol	Os BFRs são usados para reduzir a inflamabilidade em placas de circuitos impressos e nos gabinetes de plástico, teclados e isolamento de cabos	Durante a combustão, placas de circuito impresso e gabinetes plástico emitem vapores tóxicos que causam distúrbios hormonais.
Cádmio (Cd)	Baterias NiCd recarregáveis, chips semicondutores, detectores de infravermelhos, tintas de impressora e toners	Os compostos de cádmio representam um risco de impactos irreversíveis na saúde humana, particularmente nos rins.
Clorofluorocarboneto (CFCs)	Unidades de refrigeração e espuma de isolamento	Essas substâncias afetam as camadas de ozônio, o que pode levar a uma maior incidência de câncer de pele
Cromo Hexavalente (Cr VI)	Gabinete de computador de plástico, cabos, discos rígidos e como corante em pigmentos	É extremamente tóxico no ambiente, causando danos ao DNA e comprometimento permanente do olho
Chumbo (Pb)	Solda, baterias de chumbo-ácido, tubos de raios catódicos, cabos, placas de circuito impresso e tubos fluorescentes	Pode danificar o cérebro, sistema nervoso, rins e sistema reprodutivo e causar distúrbios sanguíneos. Baixas concentrações de chumbo podem danificar o cérebro e o sistema nervoso em fetos e crianças pequenas. A acumulação de chumbo no meio ambiente resulta em efeitos agudos e crônicos na saúde humana
Mercúrio (Hg)	Baterias, lâmpadas de luz de fundo ou lâmpadas, monitores de tela plana, interruptores e termostatos	Mercúrio pode danificar o cérebro, rins e fetos
Níquel (Ni)	Baterias, gabinete, tubo de raios catódicos e placas de circuito impresso	Pode causar reação alérgica, bronquite e função pulmonar reduzida e câncer de pulmão
Bifenilos policlorados (PCBs)	Condensadores, transformadores e fluidos de transferência de calor.	PCBs causam câncer em animais e podem levar a danos no fígado em humanos
Cloreto de polivinila (PVC)	Monitores, teclados, cabeamento e gabinete de plástico	O PVC tem potencial para substâncias perigosas e contaminantes tóxicos do ar. A combustão incompleta de PVC libera grandes quantidades de gás cloreto de hidrogênio que formam ácido clorídrico após combinação com umidade. O ácido clorídrico pode causar problemas respiratórios
Selênio (Se)	Máquinas fotocopadoras mais antigas	Alta concentração causa selenose

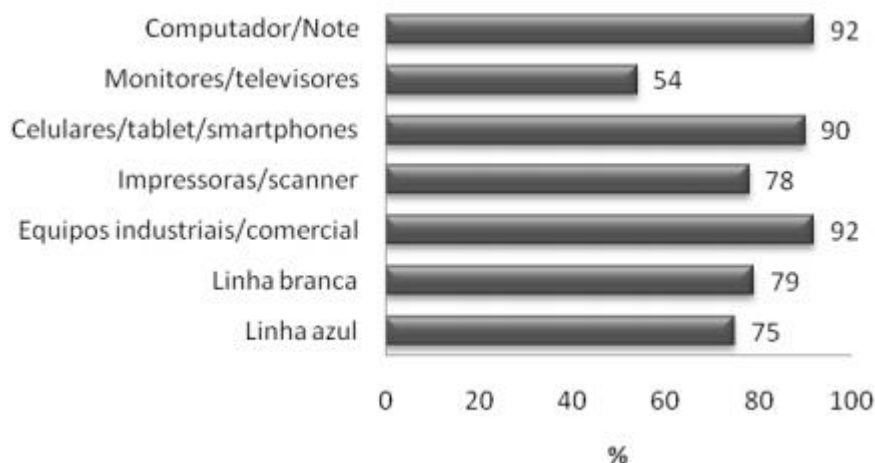
Fonte: (KIDDE; NAIDU; WONG 2013).

3.8.1 Potencial de obtenção de materiais a partir de REEE

A quantidade de material que é obtido pela reciclagem dos REEEs depende da taxa de reciclagem, a qual indica a quantidade de material pode ser reciclado em um

determinado tipo de equipamento, em porcentagem. Na figura 6 ilustra as taxas de reciclagem para cada equipamento ou linha de eletroeletrônico.

Figura 6: Taxa de reciclagem para cada tipo de equipamento.



Fonte: Gerbase e Oliveira (2012).

Analisando a figura 6, percebe-se que os REEEs apresentam, em sua maioria, alta taxa de reciclagem, visto que a taxa fica entre 75 e 92%, com exceção dos monitores e televisores. Complementando isso, a tabela 1 contém a composição média dos REEEs, em porcentagem.

Tabela 1: Composição média do REEE.

Material	Quantidade (%)
Plástico	20,6
Ferro/Aço	47,9
Metais não ferrosos	12,7
Vidro	5,4
PCI	3,1
Madeira	2,6
Outros	7,7

Fonte: Gerbase e Oliveira (2012).

As placas de circuitos impressos (PCI), que em porcentagem não é muito representativo, é o componente que mais desperta interesse pelo fato de ser uma fonte de metais nobres, por exemplo, em uma tonelada de REEEs pode conter cerca de 700 g de ouro e 35 kg de cobre (GALILEU, 2016), enquanto uma tonelada de minério extrai

entre 6 a 12 gramas (MATHEUS, 2016). Na tabela 2, contém a composição da placa mãe e a de memória.

Tabela 2: Composição média de uma placa de circuito impresso.

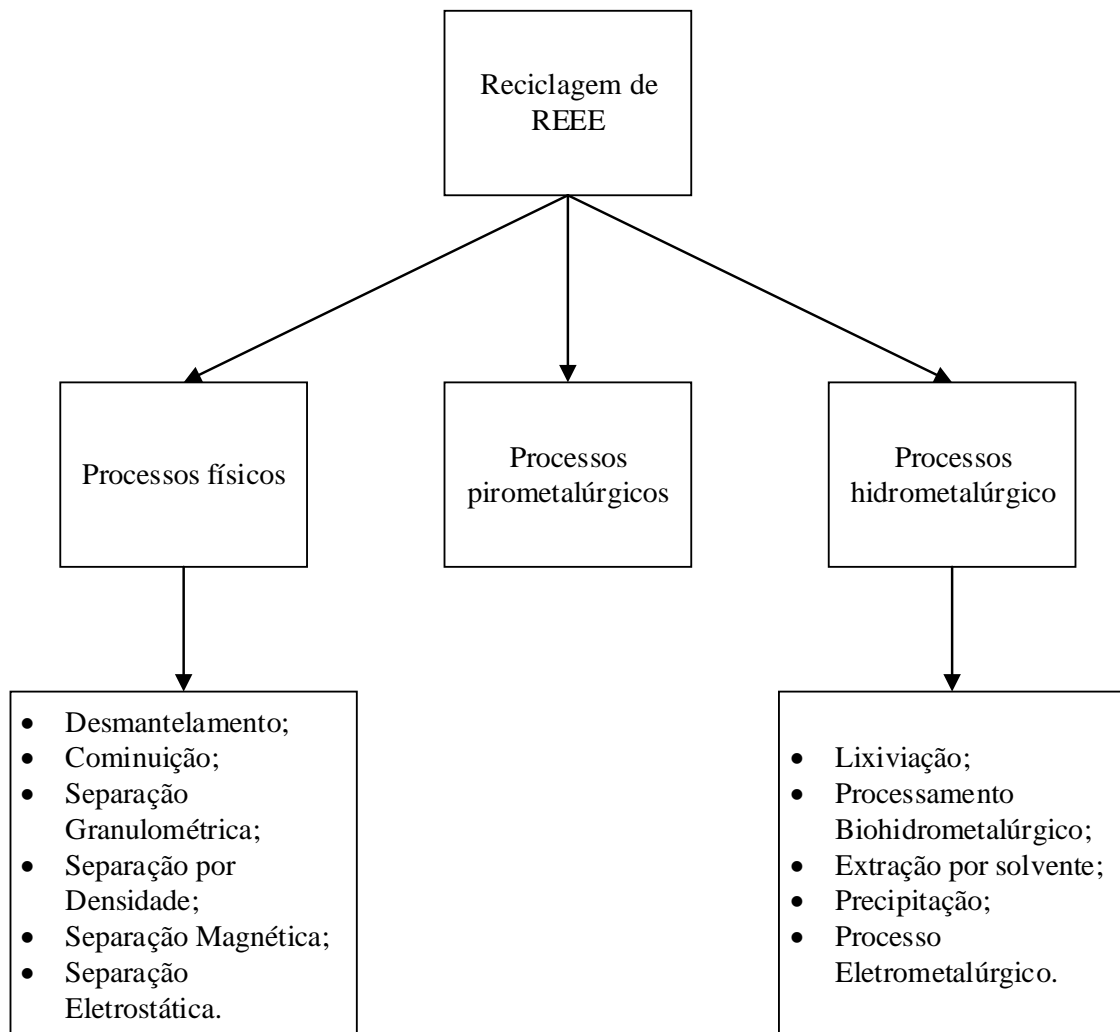
Material	Placa Mãe (%)	Placa de memória (%)
Ouro	0,002	0,069
Prata	0,045	0,053
Alumínio	2,66	1,43
Cobre	19,65	13,83
Ferro	8,34	1,47
Níquel	0,27	0,32
Estanho	1,99	1,7
Zinco	2,55	0,043
Polímero	25,8	32,7
Cerâmico	38,7	48,4

Fonte: Caldas, 2017.

3.8.2 Tipos de reciclagem de REEE

Pelo fato dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos apresentarem composição variada, envolve processos como o físico pirometalúrgicos e hidrometalúrgico, como é ilustrado na figura 7.

Figura 7: Fluxograma apresentando os tipos de Reciclagem de REEE.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

a) Reciclagem por processo físico:

A reciclagem por processamento físico pode ser utilizado como um pré-tratamento, onde após a separação o material passa por outro processamento, físico ou químico, que vai depender de qual tipo de material está interessado em retirar (VEIT; PEREIRA; BERNARDES, 2002). É constituído das seguintes etapas:

- Desmantelamento:

O desmantelamento ou desmanufatura é a desmontagem e separação das peças dos equipamentos e geralmente é feito manualmente (CARVALHO,2014; LI;

SHRIVASTAVA; GAO; ZHANG, 2004). Por exemplo, separa o desktop entre o gabinete, a placa mãe, placa de vídeo, placa de som, etc.

- Cominuição:

A cominuição ou moagem é o processo de trituração dos equipamentos através da pressão, corte, abrasão entre outros gerado pelos movimentos de “bolas”, “facas” ou “martelos”.

- Separação Granulométrica:

A separação granulométrica é a separação das partículas de acordo com o tamanho através do auxílio de peneiras com diferentes tamanhos de orifícios (VEIT, 2005).

- Separação por Densidade:

A separação por densidade utiliza um meio líquido orgânicos, soluções de sais inorgânicos ou suspensão estável com densidade conhecida e intermediaria aos materiais a serem separados, isto é, um flutue e outro afunde (CAMPOS; LUZ; BRAGA, 2010).

- Separação Magnética:

A separação magnética é utilizado para retirar materiais magnéticos como ferro, níquel e cobalto, de maneira que um é atraído pelo lado magnético e o não é atraído(Wu; Li; XU, 2008).

- Separação Eletrostática:

A separação eletrostática se utiliza das propriedades de condutividade elétrica dos materiais, onde a carga elétrica superficial das partículas e a intensidade do campo elétrica para desviar as cargas positivas das negativas (LUZ; SAMPAIO; FRANÇA, 2004).

- b) Reciclagem por processo pirometalúrgico:

Processamento por pirometalúrgia envolve altas temperaturas para diminuir a estabilidade química. São exemplos desses processos a incineração, fusão e pirólise. Esse processo apresenta como vantagem sua utilização em praticamente qualquer REEE

e apresenta como desvantagem, a poluição do ar e dificuldade de recuperar alguns tipo de metais(Al e Zn) (VEIT, 2005).

c) Reciclagem por processo hidrometalúrgico:

Processos de hidrometalúrgicos é a extração de metais em meio aquoso, isto é, envolve a extração sólido-líquido, líquido-líquido (MORAES, 2011). A seguir são apresentados alguns tipos:

- Lixiviação:

A lixiviação é a recuperação de metais através de ataques químicos com soluções ácidas, alcalinas ou aquosas para dissolvê-los e então se utiliza de tratamentos como eletroobtenção para a recuperação dos metais desejados (JACHSON, 1986).

- Processamento Biohidrometalúrgico:

O processo biohidrometalúrgico é semelhante à lixiviação, porém em vez de soluções ácidas, alcalinas ou aquosas, utiliza microrganismos, os quais fazem uso de espécies metálicas em funções estruturais ou catalisadores, para a dissolução dos metais a partir das fontes minerais (BRANDL, 2008).

- Extração por Solvente:

A extração por solvente ou extração liquido-liquido é um dos processos que pode ser utilizado nos tratamentos soluções de lixiviação, porque geralmente apresenta duas fases uma aquosa com o elemento de interesse e outra orgânica com o extratante, que pode ser ácidos ou alcalinos, por exemplo (REDDY;PARK, 2007).

- Precipitação:

Segundo Jachkson(1986), a precipitação se utiliza de reação química de dupla troca para que resulte em um produto sólido insolúvel que irá precipitar ou do controle da pressão e temperatura de uma dissolução de sais metálicos e a precipitação ocorre por causa dos limite de solubilidade do metal(GUPTA,2003).

- Processo Eletrometalúrgico:

O processo eletrometalúrgico consiste em uma solução eletrolítica contendo elementos metálicos que se quer obter, e semelhante a uma pilha que tem o polo

positivo (eletrodo) e o negativo(cátodo), onde irá ocorrer a reação eletroquímica de seredução do cátion do metal desejado na superfície do cátodo (CIMINELLI, 2007).

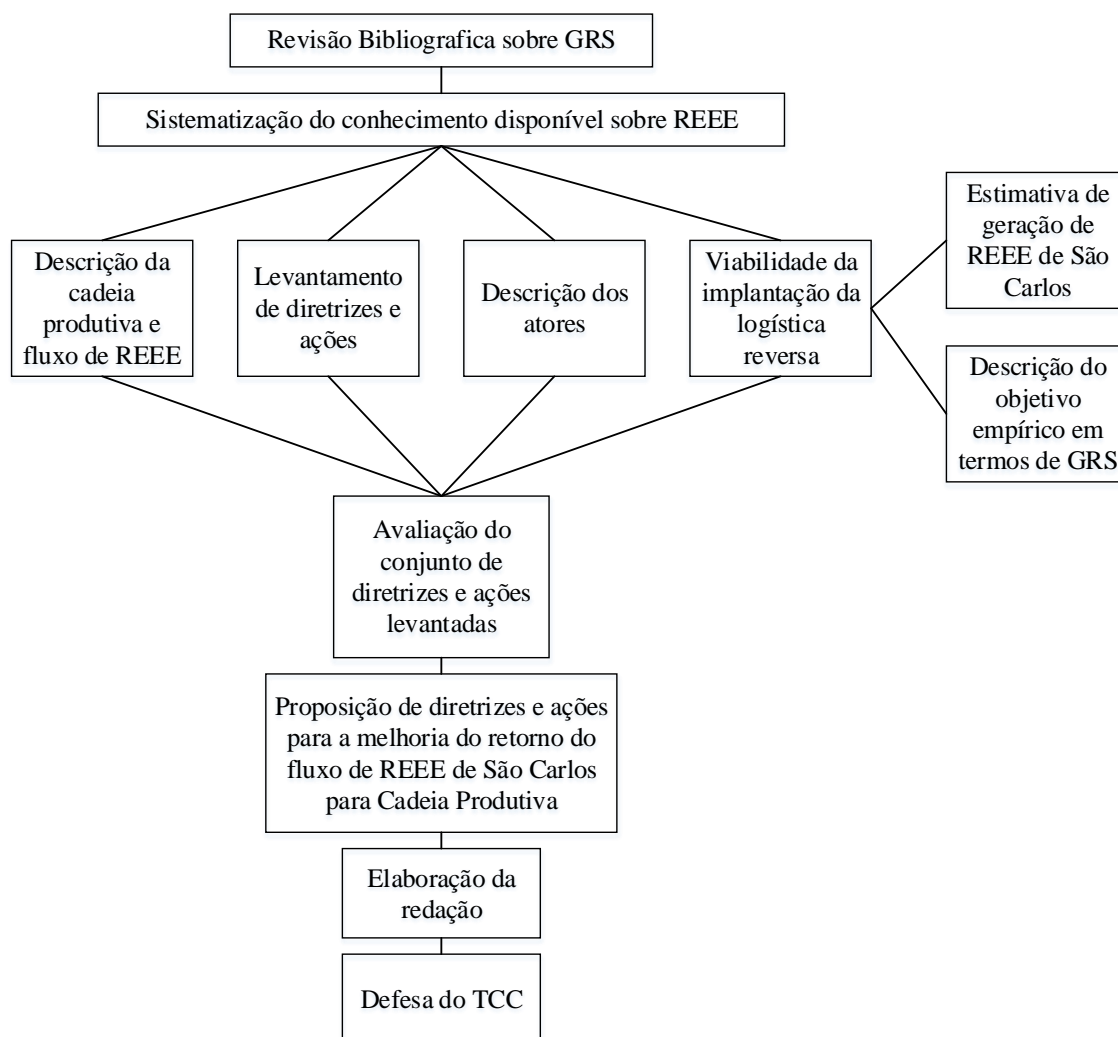
4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada para desenvolver o trabalho se utilizou de estudos feitos na temática, isto é, revisão das pesquisas como trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrados, teses de doutorados, artigos, entre outros.

4.1 FLUXOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE PESQUISA

A figura 8 ilustra e detalha o fluxograma de todas as atividades realizadas para elaborar o trabalho.

Figura 8: Fluxograma com procedimentos feitos para atingir aos objetivos.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

No quadro 3 é apresentado objetivo como proceder, quais são os recursos utilizados para a compreensão do objetivo e o formatado de cada resultado.

Quadro 3: Tabela de objetivos, procedimento, recurso e resultado

OBJETIVO	PROCEDIMENTO	RECURSO	RESULTADO
Sistematizar a informação disponível sobre REEE	Revisão	Artigos, TCC, Teses, Dissertações, Leis	Estrutura do trabalho
Descrever a cadeia produtiva	Revisão	Relatório, Leis	Fluxograma das fases do ciclo de vida do produto
Descrever atores	Revisão	Leis, Relatório	Fluxograma com cada ator interfere no ciclo de vida do produto
Descrever o objeto empírico em termos de GRS	Análise	Informações IBGE, Teses, Dissertações	Tabela com informações relacionadas à GRS
Estimar a geração de REEE de São Carlos	Cálculo	Método "Suprimento de mercado"	Tabela ou gráfico com a quantidade de REEE
Descrever os problemas	Analisar	Teses, TCC, Dissertações, Leis	Síntese e tabela comparando com um cenário ideal
Descrever as ferramentas disponíveis	Revisão	Artigos, TCC, Teses, Dissertações, Leis	Tabela com as ferramentas e descrição
Levantar diretrizes e ações	Revisão	Artigos, TCC, Teses, Dissertações, Leis	Tabela com as diretrizes, ações, ferramenta usada, atores
Avaliar o conjunto de diretrizes e ações	Análise	Artigos, TCC, Teses, Dissertações, Leis	Relação em ordem de importância no ciclo de vida (Quanto mais próximo da materiais prima mais importante)
Propor diretrizes e ações para melhoria do retorno do fluxo de REEE de São Carlos à cadeia produtiva	Análise	Conjunto de diretrizes e ações levantada	Tabela com recomendações

Fonte: Elaborado pelo Autor.

a) Revisão Bibliográfica

A realização da revisão bibliográfica sobre a gestão de resíduo sólido urbano, processo de separação de componentes de resíduos de equipamento eletroeletrônico, indicadores de gestão de resíduos sólidos, instrumentos legais e implantação de logística

reversa foi feita por meio da leitura e análise dos materiais bibliográficos. A pesquisa das leis, artigos, estudos e literatura acadêmica se deu empregando de plataformas de busca online, tais como Google, DEDALUS, que é o banco de dados bibliográficos da USP e Repositório Institucional UFSCar. Além de utilizar informações de websites de órgão governamentais relacionados, como Ministério do Meio Ambiente e Prefeitura de São Carlos.

b) Descrição da cadeia produtiva, fluxo de REEE e atores

Selecionado a bibliográfica sobre cadeia produtiva e fluxo de REEE para uma maior compreensão do tema e identificar em qual parte do ciclo de vida do produto cada ator influencia durante a logística reversa e para isso foi desenvolvido um fluxograma.

c) Levantamento de diretrizes, ações e ferramentas

A partir da pesquisa bibliográfica identificou diretrizes, ações e ferramentas que são possíveis de ser utilizadas e que influenciam na cadeia produtiva e fluxo de REEE.

d) Análise de viabilidade da implantação da logística reversa

Essa parte de análise de viabilidade da implantação da logística reversa foi dividida em duas etapas, onde a primeira foi feita uma caracterização do objeto empírico de estudo, que no caso é a cidade de São Carlos e a segunda etapa foi o cálculo da estimativa de valor gasto pra fazer a logística reversa.

Etapa 1: Caracterização da cidade de São Carlos:

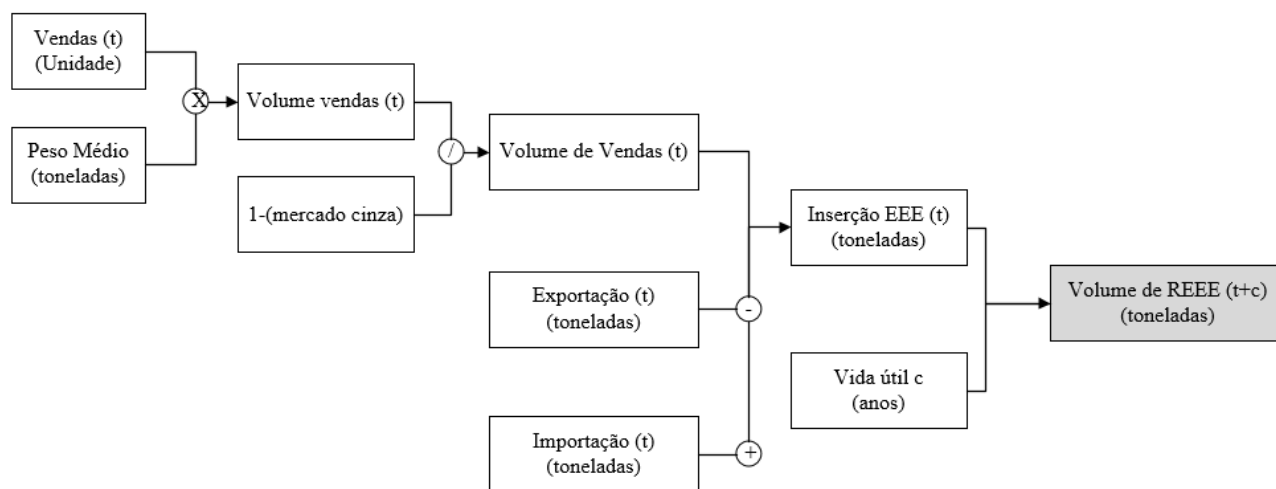
Nessa etapa, buscou caracterizar a cidade de São Carlos de acordo com a situação atual da GRSU. Para isso, utilizou informações no website e o censo do ano de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além de se basear nos estudos acadêmicos realizados por Castro (2014), Neves (2015) e Simão (2017).

A partir disso, utilizaram os dados aferidos para fazer os cálculos necessários na etapa seguinte.

Etapa 2: Cálculo da estimativa de valor gasto para a implantação da logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos:

Como esta etapa foi baseada no estudo realizado pela Consultoria Inventta com o apoio da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), utilizou-se o método de suprimento do mercado, o qual é mostrado na figura 9, pois busca simular os acontecimentos reais através das vendas de um período, de acordo com a vida útil do produto, e traz como vantagem a proximidade com a realidade e dados precisos, com exceção da vida útil.

Figura 9: Lógica de cálculo de geração de REEE (suprimento de mercado).



Fonte: Inventta(2012).

Primeiramente foi calculado o Volume de Equipamentos Eletroeletrônico inserido no Brasil, utilizando a seguinte equação 1:

$$\text{Volume de EEE } p(t) = \frac{\text{Vendas } p(t)}{[1-\text{Cinza } p(t)]} + \text{Importação } p(t) - \text{Exportação } p(t) \quad (1)$$

- Vendas $p(t)$ é o volume de vendas do produto p no ano t ;
- Cinza $p(t)$ é o percentual do mercado cinza do produto p no ano t ;
- Importação $p(t)$ é a importação do produto p no ano t ;
- Exportação $p(t)$ é a exportação do produto p no ano t ;

O volume de vendas, em toneladas, é obtido através da multiplicação das Vendas, em unidades, e o peso médio, onde utilizou os valores de unidade por ano das tabelas de Produção e/ou Serviços Industriais, desenvolvido pelo IBGE e os pesos

médios são usados os valores do estudo base desta etapa, assim como os valores do percentual do mercado cinzado produto p no ano t , que são os equipamentos originais comprados no exterior, e a vida útil de cada produto p . As importações e exportações são obtidas no website da AliceWeb, ambos os dados estão em quilograma.

Em seguida, o Volume de EEE $p(t)$ foi transformado em Volume de REEE $p(t+c)$, onde c é a vida útil do produto p (equação 2):

$$\text{Volume de REEE } p(t + c) = \text{Volume de EEE } p(t) \quad (2)$$

Tomando como exemplo, impressoras, se no ano de 2011 foram inserida 4,2 toneladas e esse produto tem vida útil de 6 anos, por tanto, o potencial de produção de resíduo proveniente do produto p no ano de 2017 será de 4,2 tonelada.

Para determinar os custos operacionais de processo e analisar a viabilidade, fez-se o seguinte passo a passo:

1. Distribuição de REEE para o município

Com os dados de volume de REEE, porcentagem de vendas do produto p vendido na região sudeste e com o PIB de serviço que a cidade é responsável em relação à região sudeste (equação 3):

$$\begin{aligned} & \text{Volume de REEE}_{\text{município}} \\ & = \text{Volume de REEE}_{\text{brasil}} \times \% \text{ de Vendas de EEE}_{\text{região}} \times \% \text{ de PIB}_{\text{servido}_{\text{município}}} \quad (3) \end{aligned}$$

Por exemplo, se a região sul é responsável por 21% das vendas de linha verde implica que essa região é responsável por 21% do volume de REEE gerado no Brasil. E se Porto Alegre tem 42% do PIB de serviço da região, o município gera 42% do volume de REEE gerado nessa região, isto é, será responsável por 8,82% ($21\% \times 42\% = 8,82\%$) do volume de REEE gerado no Brasil.

2. Cobertura e adesão do programa

Aqui se analisa os dados obtidos sobre a cidade de São Carlos visando classificá-la em qual tipo de programa de logística reversa poderá se encaixar, se por meio de

pontos de recebimentos fixos ou se terão campanhas periódicas. Após essa decisão, utiliza-se uma taxa de correção dos valores de REEE que entrarão no sistema de logística reversa. Esse fator, cujo valor pode se alterar com o tempo, leva em consideração à intenção de descarte da população da cidade e descarte inadequado.

3. Pontos de descarte/recebimento

Neste momento é considerada a estrutura para a logística dos REEE até o centro de triagem. Como tamanho do ponto de recebimento, custo do ponto de recebimento e proporção de ponto de recebimento por habitante.

4. Centros de triagem

A definição se terá ou não um centro de triagem depende da população, onde necessitará ter uma quantidade mínima de habitantes. Caso a cidade se enquadre nesse requisito, é analisado em qual modelo de centro de triagem é mais adequado para a cidade, isto é, se o de capacidade máxima anual de 1200, 3600 ou 12000 toneladas.

Para essa definição é feito por uma divisão do Volume de REEE enviado para o município pela capacidade máxima do centro de triagem, se o resto da divisão for menor que a capacidade, arredonda o resultado da divisão para baixo e terá a quantidade de centro de triagem necessário.

Por exemplo, se São Paulo tem um volume de 42000 toneladas anuais, a cidade precisará de 3 centros de triagem grande (capacidade dos 3 juntos=36000ton), 1 médio (capacidade=3600) e 2 pequenos (capacidade=2400) com esses 6 centro de triagens teria uma capacidade total de 42000toneladas e supriria a demanda.

Após a escolha da quantidade e tamanho dos centros de triagem é possível calcular o custo operacional e de investimentos para a implantação e funcionamento anual.

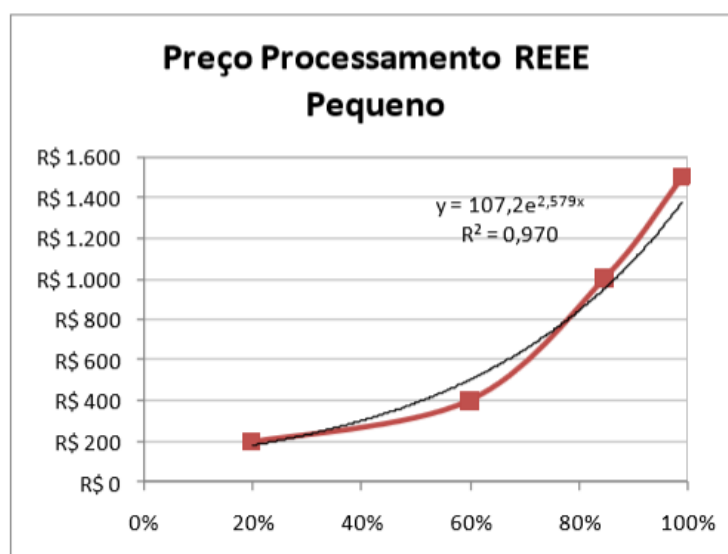
5. Recicladoras

Para facilitar a análise desta parte, considerou-se que o REEE gera apenas custo e que todo o REEE recolhido é vendido em uma localidade, por exemplo, São Paulo que apresenta a maior variedade de recicladoras de REEE. Utilizou-se também como variáveis a taxa de reciclagem, que seria o quanto, em massa, de um produto pode ser

reciclável, isto é se for obtido 12kg de reciclado para reinserir no ciclo de vida de algum produto, a partir de equipamento de 30kg, a taxa de reciclagem é de 40% (12 dividido por 30) e o ganho de escala, que é um desconto no valor que é definido pela taxa de reciclagem igual ao ganho de escala.

Por exemplo, a partir da figura 10, determina o preço do produto pequeno com base na taxa de reciclagem, isto é, se a taxa for de 60%, então o preço estipulado é R\$400,00/tonelada e se tiver um ganho de escala de 16%, o preço será de R\$336,00.

Figura 10: Curva do preço de reciclagem REEE pequeno.



Fonte: Inventta (2012).

6. Cálculo dos fretes

A lógica do cálculo dos fretes depende da distância entre cidades ou pontos de entrega e centro de triagem, cubagem de carga e tabela de frete.

Para determinar as distâncias, utilizou o Google Maps, que é um aplicativo de GPS interativo, a precisão depende do GPS do celular, mas já é possível ter precisão de 30 cm (Uol, 2017 e Tectudo, 2017).

Em seguida, precisa saber a cubagem da carga que é transformar o peso da carga em peso volumétrico. Primeiramente, calcula o volume da carga multiplicando as dimensões, depois a densidade que é a divisão do peso da carga pelo volume e por último a cubagem que é a divisão do valor ideal que é 300kg/m³ pela densidade.

Considerando que apenas os REEE grande que vão precisar fazer esses cálculos, pois apresentam baixa densidade.

Usando uma geladeira como exemplo, tem-se:

$$\text{Volume} = \text{altura}(1,7\text{m}) \times \text{largura}(0,6\text{m}) \times \text{comprimento}(0,6\text{m}) = 0,612\text{m}^3$$

$$\text{Peso} = 57,950 \text{ kg}$$

$$\text{Densidade} = \text{Peso}/\text{Volume}=57,950/0.612=94,690 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cubagem: } 300/94,69=3,17$$

Isso quer dizer que se considera 1 tonelada de REEE grande como 3,17 toneladas.

Agora, tendo determinado a cubagem e a distância, identifica o valor que será cobrado a partir da tabela 3.

Tabela 3: Guia do transportador (RLV Soluções Empresariais como responsável técnico).

		Frete de Referência					
Distância em km		Fracionada	Carga Lotada				
		< 1 Toneladas R\$/ton	3 Toneladas R\$/Viagem	4,5 Toneladas R\$/Viagem	11 Toneladas R\$/Viagem	19 Toneladas R\$/Viagem	29 Toneladas R\$/Viagem
0	20	400,00	100,00	120,00	180,00	250,00	300,00
21	50	644,00	143,20	185,10	218,78	387,73	423,99
51	100	656,00	224,67	266,76	317,48	504,26	559,16
101	150	668,00	306,14	348,41	416,18	620,79	694,33
151	200	680,00	387,60	430,07	514,87	737,32	829,50
201	250	692,00	469,07	511,72	613,57	853,85	964,67
251	300	704,00	550,54	593,38	712,27	970,38	1.099,83
301	350	716,00	632,01	675,03	810,97	1.086,91	1.235,00
351	400	730,00	713,48	756,69	909,66	1.203,44	1.370,17
401	450	744,00	794,95	838,35	1.008,36	1.319,97	1.505,34
451	500	780,00	876,42	920,00	1.107,06	1.436,50	1.640,51
501	600	820,00	1.039,35	1.083,31	1.304,45	1.669,56	1.910,85
601	700	860,00	1.202,29	1.246,62	1.501,84	1.902,62	2.181,19
701	800	900,00	1.365,23	1.409,93	1.699,24	2.135,68	2.451,52
801	900	947,00	1.528,17	1.573,24	1.896,63	2.368,74	2.721,86
901	1.000	930,00	1.691,11	1.736,55	2.094,03	2.601,80	2.992,20
1.001	1.100	960,00	1.854,04	1.899,86	2.291,42	2.834,85	3.262,54
1.101	1.200	1.010,00	2.016,98	2.063,17	2.488,82	3.067,91	3.532,87
1.201	1.300	1.050,00	2.179,92	2.226,48	2.686,21	3.300,97	3.803,21
1.301	1.400	1.100,00	2.342,86	2.389,79	2.883,60	3.534,03	4.073,55
1.401	1.500	1.200,00	2.505,79	2.553,11	3.081,00	3.767,09	4.343,89
1.501	1.600	1.245,00	2.668,73	2.716,42	3.278,39	4.000,15	4.614,23
1.601	1.700	1.307,00	2.831,67	2.879,73	3.475,79	4.233,21	4.884,56
1.701	1.800	1.369,00	2.994,61	3.043,04	3.673,18	4.466,27	5.154,90
1.801	1.900	1.431,00	3.157,54	3.206,35	3.870,57	4.699,33	5.425,24
1.901	2.000	1.493,00	3.320,48	3.369,66	4.067,97	4.932,39	5.695,58
2.001	2.200	1.555,00	3.646,36	3.696,28	4.462,76	5.398,51	6.236,25
2.201	2.400	1.700,00	3.972,23	4.022,90	4.857,55	5.864,63	6.776,93
2.401	2.600	1.845,00	4.298,11	4.349,52	5.252,33	6.330,75	7.317,60
2.601	2.800	1.990,00	4.623,98	4.676,14	5.647,12	6.796,87	7.858,28
2.801	3.000	2.135,00	4.949,86	5.002,76	6.041,91	7.262,99	8.398,95
3.001	3.500	2.350,00	5.764,55	5.819,31	7.028,88	8.428,28	9.750,64
3.501	4.000	2.600,00	6.579,24	6.635,87	8.015,85	9.593,58	11.102,33
4.001	4.500		7.393,92	7.452,42	9.002,82	10.758,88	12.454,02
4.501	5.000		8.208,61	8.268,97	9.989,79	11.924,18	13.805,71
5.001	5.500		9.023,30	9.085,52	10.976,76	13.089,47	15.157,40
5.501	6.000		9.837,99	9.902,08	11.963,73	14.254,77	16.509,09

Fonte: Inventta (2012).

Caso haja necessidade de considerar a taxa de impostos é preciso calcular o valor da mercadoria. Então o imposto pode ser calculado das seguintes formas:

- Frete municipal (PIS + CONFINS + ISS)
- Frete intermunicipal (PIS + COFINS + ICMS estadual)

Para facilitar os cálculos utilizou os valores do estudo feito pela Inventta (2012) que são PIS é 0,65%, COFINS é 3% e ISS é 4%.

e) Avaliação do conjunto de diretrizes e ações

Coletados o conjunto de dados, eles devem ser organizados em tabelas. A análise das diretrizes e ações coletadas ocorre de acordo com a facilidade de implantação, qual parte do ciclo de vida e ator em que irá interferir e em qual fase da implantação da logística reversa (na fase de início da implantação, de expansão ou final).

f) Proposição de modelo de logística reversa proposto para a cidade de São Carlos

Uma vez analisado os dados, devem ser organizados e lançados em planilhas para gerar gráficos e tabelas, facilitando o entendimento dos mesmos. Na parte final, propostas de diretrizes para a implantação da logística reversa dos REEE considerando a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, dos dados obtidos, da situação da cidade atual, na análise da implantação da logística e os principais desafios.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados e discussões sobre a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, estimativa de potencial de geração de REEE e da estrutura da cidade para a implantação da logística reversa de REEE. Além disso, é calculado o valor para a implantação da logística reversa de REEE e proposto diretrizes e ações para a melhoria do retorno do fluxo do REEE à cadeia produtiva.

5.1 DESCRIÇÃO OBJETO EMPÍRICO

São Carlos é um município do interior de São Paulo, localizada na região Centro-Leste, fundado em 4 de Novembro de 1857. O município está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu. A figura 11 ilustra os limites territoriais de São Carlos, e na tabela 4, dados relativos a São Carlos.

Figura 11: Limite territorial do município de São Carlos



Fonte: IBGE

Tabela 4: Dados sobre população, economia, educação e território.

São Carlos		
Área	Total (2016)	1.136,907 km ²
	Urbana (6% total)	67,25km ²
População	Estimativa 2017	246.088 hab
	Censo de 2010	221.950 hab
	Urbana(96%)	213.070 hab
Densidade demográfica	Censo de 2010	195,15 hab/km ²
PIB	Serviço	R\$4.534.986,00
	per capita(2014)	R\$40.994,71
IDH	Censo de 2010	0,805
Taxa de escolarização de 6 a 14 anos		97,90%

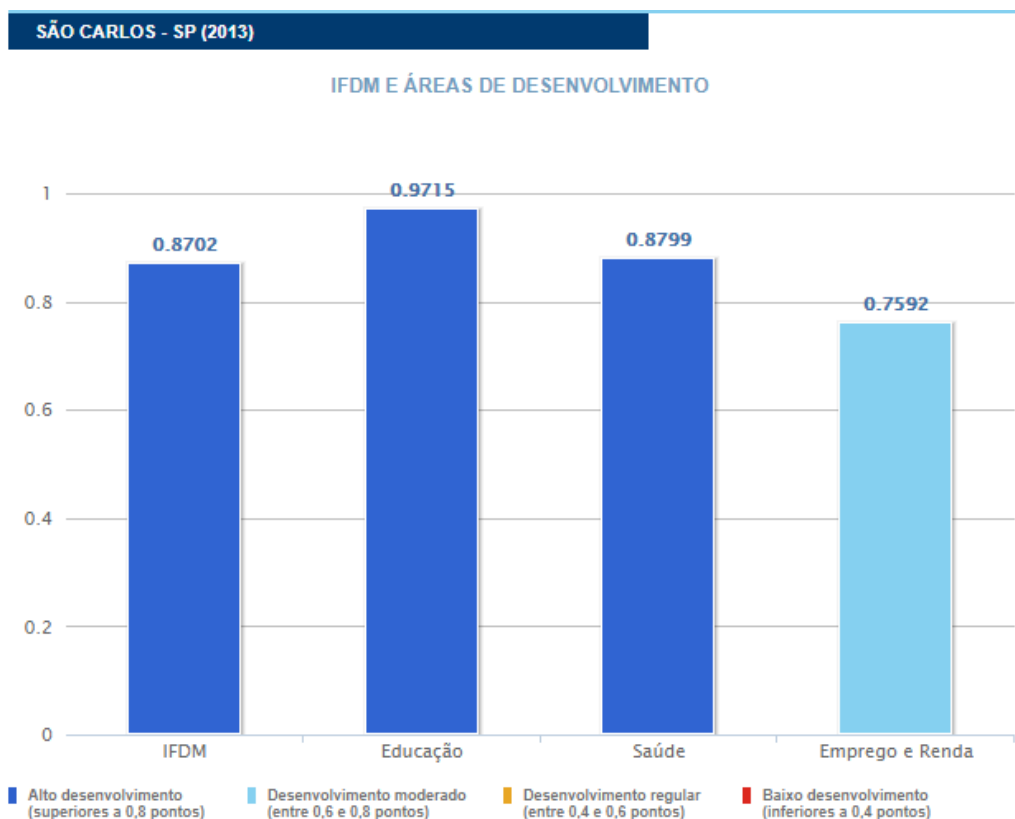
Fonte: Elaborado pelo Autor

Entre os indicadores de desenvolvimentos municipal, existe o Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM). O IFDM é um estudo do Sistema FIRJAN que acompanha anualmente o desenvolvimento socioeconômico de todos os mais de 5 mil municípios brasileiros em três áreas de atuação: Emprego & Renda, Educação e Saúde. Criado em 2008, ele é feito, exclusivamente, com base em estatísticas públicas oficiais, disponibilizadas pelos ministérios do Trabalho, Educação e Saúde (FIRJAN).

São Carlos apresenta o IFDM de 0,8702 que representa a 26ª posição, entre as mais de cinco mil cidades brasileiras e em relação estadual, em 19ª. O IFDM apresenta variação de 0 a 1, e apresenta 4 categorias: baixo (0 a 0,4), regular (0,4 a 0,6), moderado (0,6 a 0,8) e alto (0,8 a 1) desenvolvimento (FIRJAN).

Na figura 12, ilustra o que são considerados e os valores alcançados por São Carlos, relativo ao IFDM e as áreas de desenvolvimento.

Figura 12: Gráfico de IFDM e áreas de desenvolvimento.



Fonte: IFRJAN

A cidade também é conhecida como a Capital da Tecnologia, por causa das duas grandes universidades, a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), e centros de pesquisas, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), acabam sendo muito atrativo para a indústria e empresas (IBGE). Além disso, a Fundação ParqTec tem como objetivo gerenciar e promover o desenvolvimento do Pólo Tecnológico de São Carlos, fazendo a ligação entre as universidades e os centros de pesquisas das empresas.

Esses atrativos faz com que São Carlos tenha uma alta concentração de cientistas e pesquisadores, por exemplo, tem um pesquisador doutor (PhD) para cada 180 habitantes, enquanto no Brasil é de um PhD para cada 5.423 habitantes, registra aproximadamente 14,5 patentes por 100 mil habitante, no país é de 3,2 por 100 mil habitantes.

Considerando isso, o município poderia ser a cidade modelo para o país, inclusive em relação à gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos e ter população mais consciente do seu papel para com a sociedade.

5.1.1 Estimativa de geração de resíduos de equipamentos eletro eletrônicos em São Carlos

A tabela 5 contém as informações de quanto a porcentagem das vendas que a região Sudeste representa nas vendas dos produtos de cada linha e a quantidade de REEE estimada gerada no Brasil e na região sudeste e na tabela 6 a quantidade para o município de São Carlos utilizou o PIB de serviço da tabela 4.

Tabela 5: Estimativa de geração de REEE por linha de produto para o ano de 2017.

Linha	% das vendas em relação ao total (Inventa, 2012)	REEE Brasil (kton)	REEE sudeste (kton)
Branca	57,8	478,69	276,68
Azul	67,6	58,06	36,58
Verde	63	221,17	149,73
Marrom	61,1	247,62	151,29

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 6: Estimativa de geração de REEE por linha para São Carlos em 2017.

Linha	REEE São Carlos (ton)
Branca	4156,40
Azul	247,49
Verde	1013,13
Marrom	1023,68

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A tabela 7 contém informações sobre a venda, peso médio, mercado cinza, importação e exportação as quais foram utilizadas para o cálculo da estimativa de geração de REEE para o Brasil em 2017, como para o cálculo é baseado nas vendas que foram realizadas em 2014, ou antes, dependendo da vida útil, em anos, do equipamento eletroeletrônico.

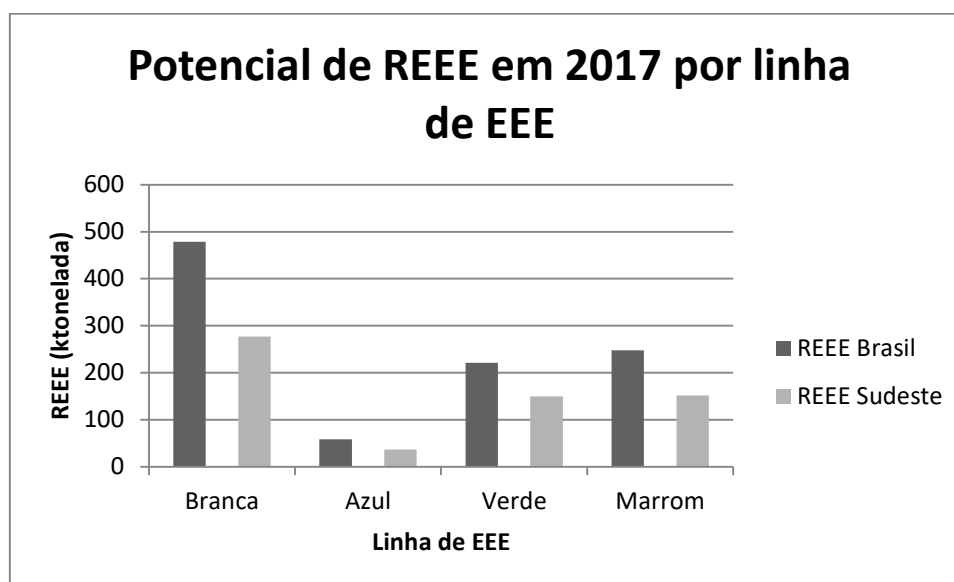
Tabela 7: Dados para o cálculo do Volume de REEE gerado pelo Brasil.

REEE	Linha	Produto	Venda (um)	Peso Médio (ton)	1-Cinza	Importação (ton)	Exportação (ton)
Pequeno	Verde	Celular	57168874	0,000124	0,8	844,54	74,59
		Notebooks/ laptop	9535240	0,002368	0,7	226,23	14,05
		Desktop	4071454	0,024283	0,7	967,63	391,46
		Impressora	5054982	0,006312	0,98	6074,48	1374,66
	Azul	Batedeira e liquidificador	12731654	0,002775	1	3727,94	173,65
		Ferro elétrico	5146910	0,001177	1	2284,44	487,31
		Furadeira	4265970	0,0017	1	4565,32	498,09
	Marrom	LCD/ Plasma	13765666	0,012	0,98	799,76	58,12
		TV/ Monitor	1050902	0,037234	1		
		DVD/ VHS	7269427	0,003374	0,99	1245,57	1,49
		Produtos de áudio	1203478	0,0104	0,96	2,86	0,03

Fonte: Elaborado pelo Autor.

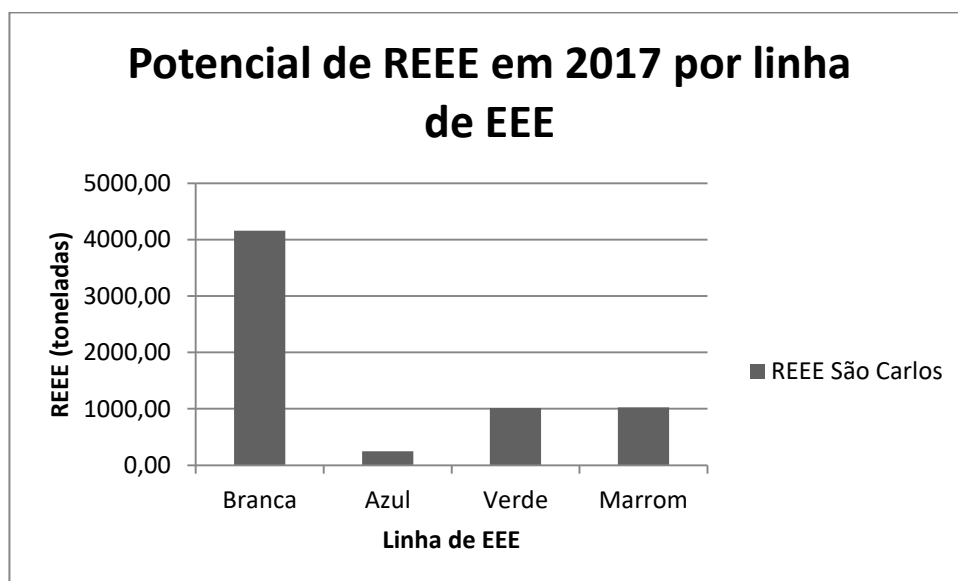
A figura 13 ilustra a estimativa de geração potencial de REEE em função das diferentes linhas de produtos para o Brasil e região sudeste, e na figura 14, a estimativa para a cidade de São Carlos.

Figura 13: Gráfico da estimativa do potencial de REEE em 2017 por linha de EEE.



Fonte: Elaborado pelo Autor

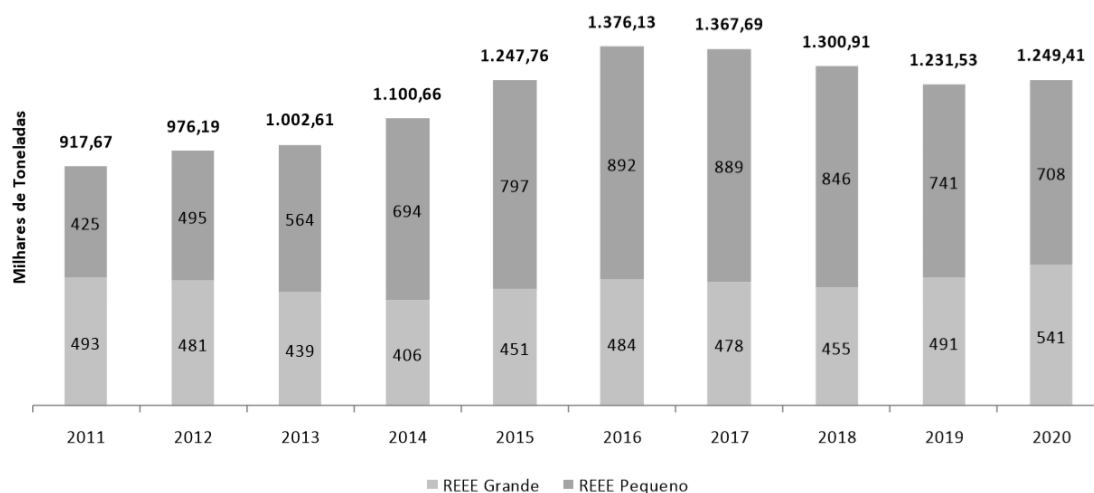
Figura 14: Gráfico da estimativa do potencial de REEE em 2017 por linha de EEE.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

E para fins de comparação, a figura 15 ilustra as estimativas do volume potencial de geração de REEE no Brasil de 2011 a 2020. Além disso, inclui a quantidade de REEE de pequeno e grande porte, em milhares de toneladas.

Figura 15: Estimativa de potencial de REEE gerado no Brasil.

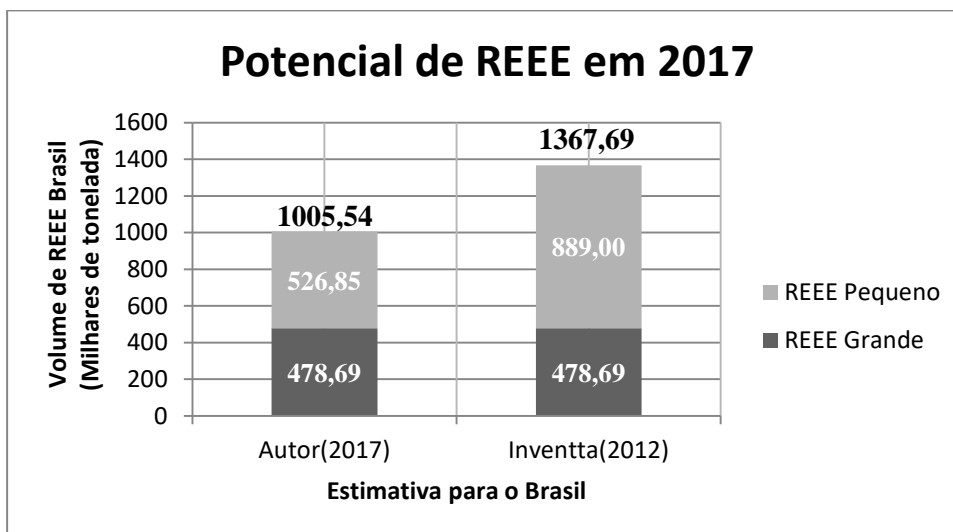


Fonte: Inventta (2012).

O gráfico de potencial de REEE em 2017, ilustrado na figura 16, segmenta os resíduos em volume de REEE de grande porte, que é a somatória dos resíduos gerados

pelos equipamentos da linha branca (Refrigeradores, fogões, lava roupa e Ar condicionado) e volume de REEE de pequeno porte, os da linha azul, verde e marrom.

Figura 16: Potencial de REEE para 2017.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Os resultados são diferentes, e era esperado isso, tendo em vista que na estimativa de 2012 houve a necessidade de utilizar a previsão de vendas de alguns produtos que apresentam o ciclo de vida menor que a diferença de ano entre 2012 e 2017, que são 5 anos.

Na tabela 8 contem alguns produtos e seus respectivos ciclos de vida em anos:

Tabela 8: Ciclo de vida por produto, em anos.

Produto	Ciclo de vida (anos)
Notebooks	4
Celulares	3
Batedeira	5
Liquidificador	5
Ferro elétrico	5
Furadeira	5

Fonte: Inventta (2009).

Como a crise financeira de 2009 demorou um pouco para atingir o Brasil, a partir de 2011, começou a sofrer consequências como recessão da economia e perda de poder de compra (UOL 2016) e os dados reais que a consultoria obteve foram até 2011, pois em 2012 foi a divulgação do estudo.

Outra motivação pode ter ocorrido porque entre 2012 e 2013, mudou-se a divisão dos produtos nas planilhas PIA do IBGE. Antes os dados como batedeira e do liquidificador eram separados, mas a partir de 2013 ficaram aglomerado em apenas um item. Além disso, os dados da plataforma AliceWeb apresenta uma nomenclatura diferente, isto é, utiliza a Nomenclatura Comum do Mercosul e isso dificultou a prospecção de dados para esta análise.

Na tabela 9, contém dados sobre as quantidades de REEE por habitante para o país, região e cidade de São Carlos, respectivamente, e utilizou a estimativa de população de 2017 da tabela 4 e o volume estimado pelo Autor na figura 15.

Tabela 9: Geração de REEE por habitante, em quilograma por habitante.

	Brasil	Sudeste	São Carlos
REEE/hab(kg/hab)	4,835	7,65	16,89

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para verificar a qualidade das médias obtidas, os valores estimados foram comparados com valores de outros países, os quais estão apresentados na tabela 10. A partir desses resultados construiu-se um gráfico da relação entre geração de REEE pelo PIB per capita, a figura 17.

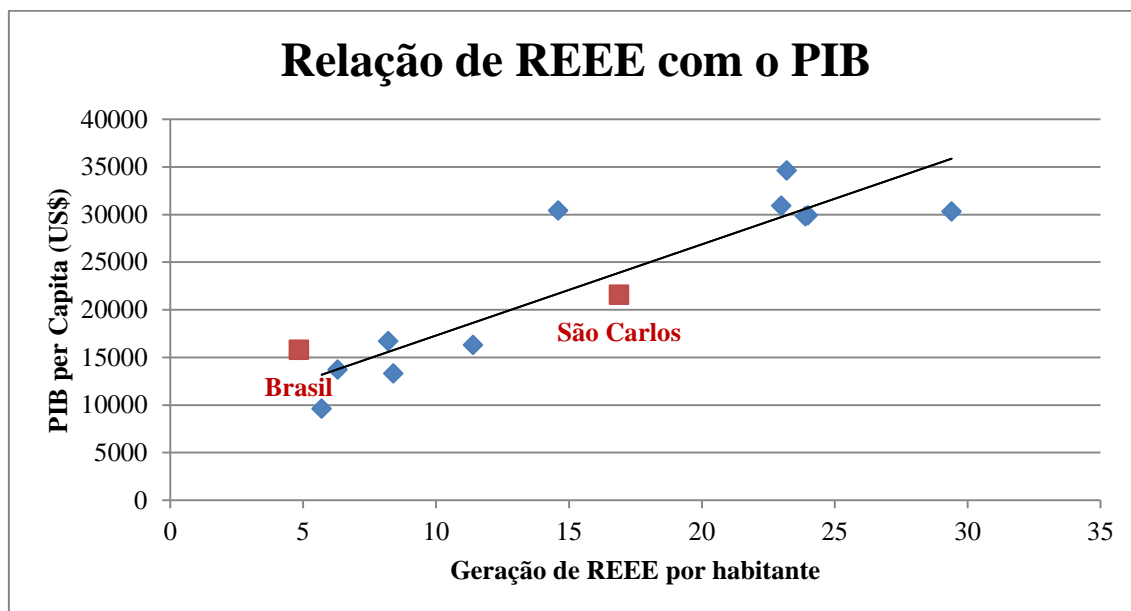
Tabela 10: Geração de REEE por país de acordo com o PIB per capita.

País	PIB (US\$/habitante)	Geração de REEE (kg/habitante)
Dinamarca	34600,00	23,20
Finlândia	30900,00	23,00
Alemanha	30400,00	14,60
Reino Unido	30300,00	29,40
França	29900,00	24,00
Suécia	29800,00	23,90
Estônia	16700,00	8,20
Hungria	16300,00	11,40
Lituânia	13700,00	6,30
Polônia	13300,00	8,40
Bulgária	9600,00	5,70
Brasil	15776,19	4,84
São Carlos	21558,01	16,63

Fonte: Autor; United Nations University(2008).

Para fazer a transformação do PIB per capita do Brasil e de São Carlos, utilizou o valor mais alto do dólar no ano de 2011-R\$1,9016-, porque é o ano que o estudo foi feito.

Figura 17: Relação de REEE com o PIB per capita e a linha de tendência.



Fonte: Autor, United Nations University (2008).

No gráfico, o quadrado vermelho mais próximo do ponto 0 é o Brasil e o outro quadrado vermelho, representa São Carlos. Ambos ficaram próximo da curva esperada para o PIB per capita, o que mostra que as estimativas do potencial de volume de REEE são confiáveis.

5.2 CENÁRIO ATUAL DE SÃO CARLOS EM RELAÇÃO AOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICO

Apesar da cidade de São Carlos ser conhecida como polo tecnológico, na questão de gestão de resíduos sólidos, ainda se encontra muito atrasada, pois até o momento o município não possui o seu PMGIRS. Atualmente, existe o Plano Municipal de Saneamento Básico para dar as diretrizes de alguns pontos para a GRSU. Em 2017, houve a nomeação dos participantes do Comitê Intersecretarial para Elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (SÃO CARLOS, 2017a).

No objeto empírico em questão, existe uma cooperativa trabalhando na coleta seletiva que é a COOPERVIDA a qual nos últimos anos tem tido suas atividades prejudicadas em função da falta de apoio da prefeitura, estrutura no centro de triagem e

ausência de manutenção dos equipamento. A cooperativa apesar de todos os problemas enfrentados continua funcionando, devido ajuda de iniciativas de entidades como o Fórum Comunitário de Resíduos Sólidos de São Carlos, o Núcleo Multidisciplinar Integrado de Estudos, Formação e Intervenção em Economia Solidária, Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosmético. Entretanto, a coleta seletiva não conseguiu abranger toda a cidade (TACONELLI, 2016).

Segundo o site da prefeitura de São Carlos, o município conta com 6 EcoPontos funcionando e localizados conforme a quadro 4, e para facilitar os cálculos considerou que todos tinham estrutura para receber os REEEs, mesmo sabendo que não se encontram estruturados, pois segundo a tese de Castro (2014), foram identificados três problemas principais nos ecopontos, onde a cooperativa mantém um cooperado responsável pelo recebimento e acondicionamento dos resíduos, os quais são empecilhos para a gestão e gerenciamento adequado dos REEEs. O primeiro é o problema de falta de segurança do local, visto que em dois terços dos ecopontos o cooperado responsável relatou casos de arrombamento e furto de materiais armazenados. O segundo problema é estrutural e de instalação, pois as baias de armazenamentos são parcialmente abertas e o piso é permeável, o que pode danificar os REEEs e contaminar o solo ou até mesmo o cooperado. O terceiro é no manuseio dos REEEs, porque foram encontrados REEEs danificados e armazenados a céu aberto.

Quadro 4: Endereços dos EcoPontos e Cooperativa.

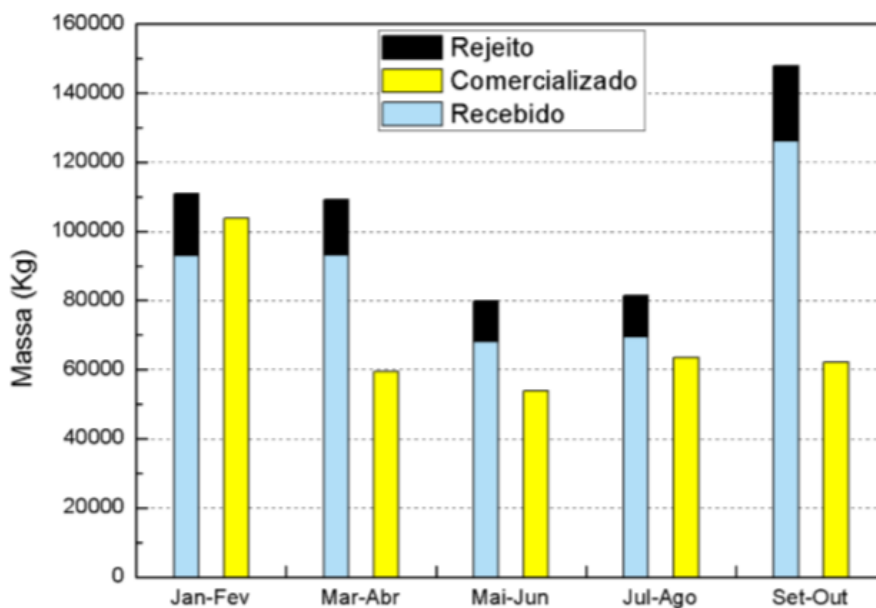
Ecopontos	Endereço	Observação
São Carlos VIII	Rua Capitão Luiz Brandão,1847	Esquina com Av.Cônego a. Volpe
Jardim Paulistano	Rua Indalécio de Campos Pereira, 1120	Esquina com Rua Américo J. Canhoto
Jardim Ipanema	Rua Renato Talarico Lima Pereira,299	Esquina com Rua Miguel Petrucelli
São Carlos III	Rua Cândido de Arruda Botelho	Esquina com Rachid Kabalan Fakhouri
Jardim Beatriz	Rua Joaquim Gonçalves Ledo, 530	Esquina com Rua Irineu Rios
Jardim Medeiros	Rua Aristodemo Pelegrini, s/n	Esquina com Rua João Genovez
COOPERVIDA	Rua José Mancini, 615	

Fonte: São Carlos (2017b).

Segundo Neves (2015), a COOPERVIDA coletava cerca de 45 toneladas de resíduos sólidos por mês, onde tinha uma parte que era rejeito o qual está relacionado ao desconhecimento da população sobre o que é reciclável ou não e uma parte

comercializada, que é todo o material reciclável vendido pela cooperativa. A figura 18 ilustra as quantidades de material recebido e comercializado pela COOPERVIDA bimensalmente no período de Janeiro de 2015 a Outubro de 2015. O valor da quantidade de rejeito foi calculado a partir dos períodos que havia dados e utilizou nos bimestres, os quais não tinham.

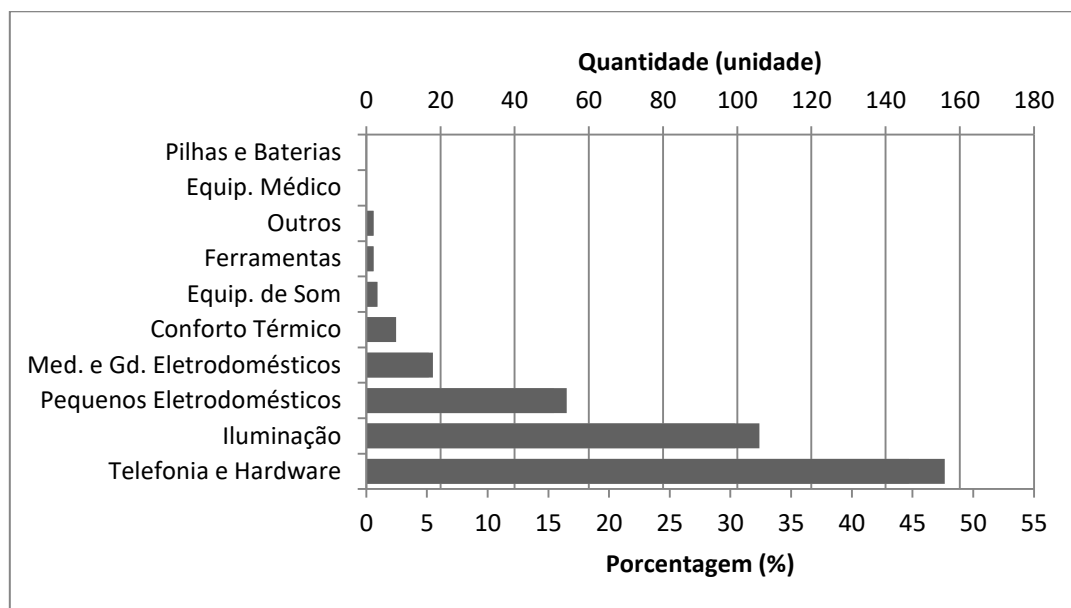
Figura 18: Gráfico de material recebido, comercializado e estimativa de rejeito bimestralmente, em quilos.



Fonte: Neves(2015)

Dentre os materiais recebido, que engloba os resíduos coletados e os recebidos no EcoPontos, os REEE, não representaram uma quantidade significativa. Segundo os estudos de Neves (2015), na figura 19 está ilustrando a quantidade de cada equipamento e a porcentagem que eles representa em relação ao total referente ao mês de outubro de 2015.

Figura 19: Porcentagem de cada tipo de REEE coletado em Outubro de 2015.



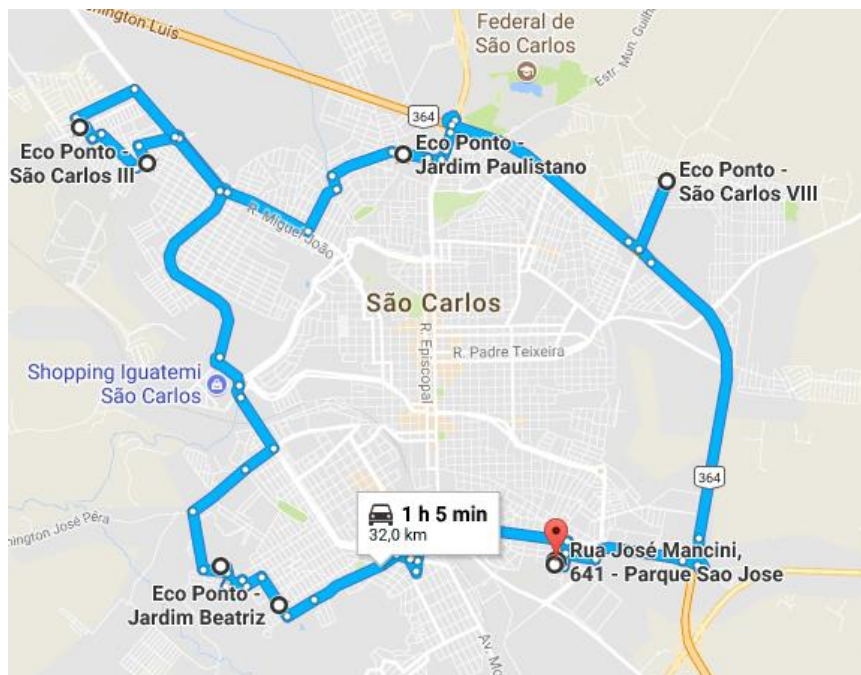
Fonte: Neves(2015).

Considerando que o potencial de REEE estimado foi de 16,89kg/ano/hab (tabela 7) e que por mês seria aproximadamente de 1,39kg/hab, a quantidade recolhida pela cooperativa é muito pouco, se extrapolar e usar como peso médio para cada equipamento em 10kg, no mês de Outubro daria uma geração de 0,014kg/mês/hab que representa 10% do potencial. Isso demonstra que a atual gestão de REEE não está sendo muito efetiva. As razões para essa baixa taxa de coleta ou recebimento provavelmente estão relacionados ao desconhecimento da população de como fazer a entrega dos produtos pós-consumo, da falta de estrutura dos Ecopontos para receber esse tipo de resíduos, a falta de estrutura e treinamento da cooperativa para a manipulação dos REEE, que tem muito pouco apoio da prefeitura, o desconhecimentos de atores de comercialização das leis vigentes, falta de fiscalização do poder público, a demora da prefeitura de elaborar o PMGIRS, tendo em vista que a PNRS está em vigor desde 2010. Além disso, tem a falta de motivação dos usuários para se desfizer desse tipo de resíduos, seja por valor sentimental ou econômico do equipamento.

5.3 ESTIMATIVA PARA A IMPLANTAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA EM SÃO CARLOS

Para este estudo foram considerados dois formatos de logística para o cálculo do valor da primeira logística foi necessário pré-definir o percurso. A figura 20 ilustra o caminho passando por todos os EcoPontos da cidade:

Figura 20: Percurso para recolher os REEEs nos Ecopontos.



Fonte: Google Maps.

A escolha do percurso deu-se pela facilidade de cálculo, baixa quantidade de REEE em cada EcoPonto. Deve-se ressaltar que a COOPERVIDA já passa uma vez por semana recolhendo os materiais recicláveis nos EcoPontos. De acordo, com a plataforma Google Maps, o caminho apresentado tem 32km de percurso. O percurso que demora 1 hora e 5 minutos, no entanto quando estiver coletando, o tempo é maior, pois a velocidade média é menor e também demora colocar o material coletado no caminhão.

Para a segunda logística, foram tomadas duas simplificações, o caminhão vai com lotação máxima e que todos os tipos de REEEs são vendidos na cidade de São Paulo e a distância usada para calculo foi de 231km, de acordo com o Google Maps.

Nas figuras 21 e 22, ilustram os detalhes dos custos de investimentos e operacionais, respectivamente, para um centro de triagem pequeno.

Figura 21: Investimentos iniciais para um centro de triagem pequeno em 2017.

Capacidade Anual (ton)	1.200			
	Quantidade	Valor unitário	Valor total	Percentual
Equipamento				
Paletizadora	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00	42%
Carrinhos tração humana	5	R\$ 1.200,00	R\$ 6.000,00	17%
Balanças	2	R\$ 4.500,00	R\$ 9.000,00	25%
Escritório	1	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	14%
Containers transportes	6	R\$ 100,00	R\$ 600,00	2%
Empilhadeira	0	R\$ 40.000,00	R\$ 0,00	0%
Esteira	0	R\$ 20.000,00	R\$ 0,00	0%
Valor total			R\$ 35.600,00	

Fonte: Inventta, 2012.

Figura 22: Custos operacionais anual para o funcionamento de um pequeno centro de triagem.

Capacidade Anual (ton)	1.200			
	Quantidade	Valor unitário	Valor Total	Percentual
Colaboradores	4	R\$ 650,00	R\$ 2.600,00	27%
+ impostos	4	R\$ 702,00	R\$ 2.808,00	29%
Galpão	120	R\$ 15,00	R\$ 1.800,00	18%
EPI	6	R\$ 100,00	R\$ 600,00	6%
Outros Gastos	20,00%	R\$ 9.760,00	R\$ 1.952,00	20%
Valor total mensal		R\$ 9.760,00		
Valor anual		R\$ 117.120,00		
Valor /ton (min)		R\$ 97,60		

Fonte: Inventta, 2012.

A tabela 11 contém os valores para a implantação da logística reversa em São Carlos considerando o cenário de que 47% da população aderiu ao programa, centro de triagem pequeno, e como há 6 ecopontos em São Carlos e também ocorre anualmente 52 recolha de resíduos nos ecopontos por ano, utilizou esses valores na estimativa de gastos.

Tabela 11: Valores de investimento e custo anual de operação para o ano de 2017.

Centro de Triagem Pequeno	Investimento	R\$ 35.600,00
	Custo Operacional	R\$ 117.120,00
	Capacidade (ton/ano)	1200
Vol=VolREEE (ton/ano)		1073,62
Ecopontos		6
Logística Primária	Quantidade no ano	52
	Quantidade no ano (ton)	20,65
Sem Imposto	Frente primário (32km)	R\$ 33.488,00
	Frente secundário (231km)	R\$ 44.400,20
Imposto	Frete Municipal	7,65%
	Frete Intermunicipal	21,65%
Total de gasto anual		R\$ 197.360,47
Gasto total com Investimento		R\$ 232.960,47

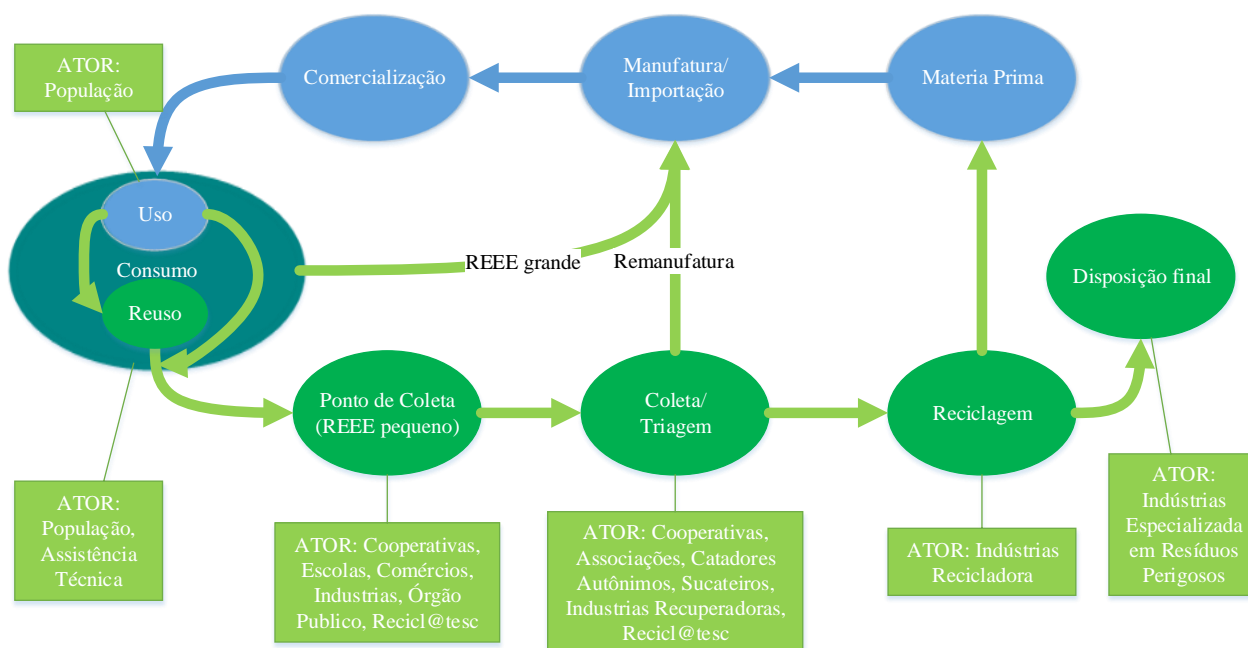
Fonte: Elaborado pelo Autor.

O cálculo foi feito sem o valor do imposto, pois seria necessário conhecer o valor da mercadoria. Para estimar os custos foram empregados os dados dos estudos realizados pela consultoria Inventta. Entretanto os valores como de maquinário e equipamentos foram verificados via websites de compra para analisar se os preços estão atualizados. Vale a pena ressaltar que o cálculo apresentado refere-se somente a logística reversa para REEE, cuja tonelada, considerando que recolheu 1073,62 toneladas de REEE e que gastou 232960,47 reais, custaria R\$216,99. Em relação a COOPERVIDA utilizou apenas o endereço para ser o local do centro de triagem e considerou que o centro de triagem irá apenas armazenar e não irá manusear, isto é, desmontar e separar as peças.

5.4 PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA MELHORIA DO FLUXO DA LOGÍSTICA REVERSA

A figura 23 ilustra o fluxograma da cadeia do produto e o fluxo de REEE proposto, além de alguns atores principais.

Figura 23: Fluxograma do modelo proposto.



Fonte: Elaborado pelo Autor

O modelo em si não se modifica muito, mas iria utilizar a idéia da economia circular para os REEE de porte grande (geladeiras, fogões, ar condicionado, lava-roupas, refrigeradores e congeladores), sendo assim quando os equipamentos ficarem obsoletos e não tem mais possibilidade de reutilizar, solicita-se ao fabricante do produto que retire na casa do consumidor e que de a destinação correta. A retirada pode ser feita por parceiros do fabricante com assistências técnica, comerciantes do produto, cooperativa ou instituições. Além disso, os fabricantes deveria utilizar as ideias da Economia Circular, como a “do berço ao berço” para desenvolver produtos, os quais facilitaria a reciclagem e aumentaria a taxa de reciclagem.

Para os REEEs de pequeno porte (celulares, televisores, liquidificadores entre outros), seguiria o fluxo até chegar à triagem, onde iria ser enviado para a remanufatura e voltaria para a cadeia produtiva como um produto de segunda linha ou para a reciclagem para voltar à cadeia como matéria prima.

Primeiramente, devem-se melhorar ações de divulgações e conscientização da população, por meio da educação ambiental e social no ensino básico para que a separação e o descarte sejam feitos da maneira correta. Países onde se tem alta taxa de

reciclagem tem um elevado senso coletivo e entendem que cada um tem o seu papel no ciclo de vida do produto.

Assim, como as empresas são obrigadas a colocar algumas informações na embalagem, seria muito benéfico colocar informações de como agir depois que o equipamento fica obsoleto como telefone para solicitar seu recolhimento (caso o REEE seja de grande porte) ou site com parceiros da marca que são ponto de entrega voluntária.

Parceria entre o poder público, empresas, comerciantes e cooperativas para ter incentivos fiscais para as empresas de acordo com a porcentagem de produtos dessa empresa representa no total vendido no Brasil, para os comerciantes proporcionais à quantidade de REEE que é recolhido em relação ao total da cidade, para as cooperativas que não tenha imposto no transporte nesse tipo de material pós-consumo e assim fazer com que seja viável vender os REEE que não apresentem taxa de reciclagem não muito alta.

No caso de São Carlos existe um problema que as recicladoras estão concentradas próximas da cidade de São Paulo e isso deixa a logística mais cara. Por isso uma solução seriam as linhas de crédito para implantação de recicladora que receberia todos os tipos de REEEs em São Carlos. Além disso, outro ponto a ser considerado é que a reciclagem de componentes de computadores não é feita no Brasil por falta de escala. Assim o incentivo a Pesquisa & Desenvolvimento nessa área é de grande importância para viabilizar a LR uma vez que os métodos conhecidos aqui são caros.

Sabendo que existem problemas na estrutura da logística reversa que dificulta a implantação, outra proposta seria utilizar o crédito de logística reversa que são certificados que comprovam um serviço de logística reversa e destinação adequada de certa quantidade de resíduos, isto é, se a cooperativa recolher 10 toneladas de REEE, isso vira um crédito que pode ser comercializado com os fabricantes, importadores e comerciantes de EEE. No entanto, essa é uma solução para a transição, enquanto não está garantida a estrutura mínima para que ocorra a logística reversa independente (BVRio).

No quadro 5, contém as principais proposições que visa melhorar a captação dos REEE, pois tendo grande quantidade desses resíduos incentiva a abertura de recicladoras de REEE mais próximo de São Carlos e isso diminuiriam os gastos para recicla-los, por exemplo.

Quadro 5: Propostas para iniciar a logística reversa de REEE.

Ator	Proposição
Poder Público	Adequação dos ecopontos para receber REEEs.
	Campanha de divulgação de como fazer o descarte dos REEEs.
	Fiscalização dos comércios, fabricantes, importadores e assistências para o cumprimento das leis.
Fabricante/ Importador/ Comerciante/ Cooperativa	Informar na embalagem dos EEEs como solicitar a retirada do resíduo de grande porte.
	Utilizar o crédito de LR enquanto a estrutura para a LR não esteja adequada
Cooperativa	Capacitação e adequação para poder manipular os REEEs
Fabricante	Desenvolver o produto considerando a facilidade de reciclá-lo.

Fonte: Elaborado pelo autor

6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que ainda falta estrutura física para o armazenamento e pessoas capacitadas para desmontar e separar os componentes dos REEEs. A partir do que foi exposto neste trabalho concluiu-se que ainda não está viável a implantação da logística reversa de REEE, Embora o Comitê Intersecretarial de Coordenação da elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Por meio da estimativa do potencial de volume de REEE produzido em São Carlos e comparando com o quanto de REEE é recolhido pela COOPERVIDA, pode se concluir que grande parte está tendo destinação inadequada, seja ele armazenado em casa, jogado em aterro sanitário, terrenos baldios e recicladores informais. Considerando isso, pode-se inferir que dificulta a venda para as recicladoras de REEE porque não atinge uma escala onde a logística reverse seja viável. Além disso, as recicladoras de REEE não recebem todo tipo de REEE.

Os ecopontos para receber e armazenar os REEEs de porte pequeno não estão adequados porque as baias não estão totalmente cobertas para proteger os equipamentos entregues. Como a cooperativa não tem cooperados habilitados para fazer a desmontagem, testar para ver qual componente ainda funciona e separar, algo que aumentaria o valor do material vendido, então armazenaria e venderia os resíduos inteiro para as recicladoras.

Concomitantemente, os REEEs grandes devem se utilizar do pensamento da Economia Circular, onde os fabricantes ou comerciantes devem retirá-los das residências e levá-los para a reciclagem, recondicionamento ou desmantelamento na fábrica. Isso pode ser facilitado por acordos setoriais, isenção de imposto em cima da logística dos resíduos. Além de descontos nos impostos proporcionais à quantidade, em massa, que o estabelecimento destinar corretamente em relação do total recolhido no município.

O processo de adequação está no momento de transição, pode se utilizar os créditos de logística reversa, porque assim como as empresas e comércios, o poder pública também precisa de tempo para garantir a estrutura para a logística reversa que é sua responsabilidade.

A falta de uniformidade em como são disponíveis os dados referentes aos equipamentos eletroeletrônicos acabam dificultando o entendimento e a análise sobre os resíduos, e isso pode acarretar em uma fiscalização deficiente porque os dados não apresentam confiabilidade e carrega muitas incertezas, por exemplo, os valores das vendas dos equipamentos eram obtidos em unidades e os valores de importação e exportação em toneladas. O ideal seria vir todos em toneladas, porque a mesma classe de equipamento pode ter pesos diferentes e todos os dados sendo disponível, em toneladas, por exemplo, teria maior confiabilidade porque não precisaria se utilizar o peso médio de cada equipamento.

A falta de conhecimento de todos os atores envolvidos, de uma maior divulgação e educação ambiental para que todos saibam o que deve ser feito quando for descartar, receber, armazenar e triar. A população aderindo ao programa de logística reversa de REEE fará com que o volume de REEE aumente e que seja mais atrativo para que abra uma recicladora em São Carlos ou na região.

As propostas não são para melhorar todos os problemas relacionados ao ciclo de vida dos produtos, e sim aos problemas mais próximos da origem dos resíduos, que são logo quando o usuário vai descartar o produto pós-consumo. O acordo setorial, que está sendo discutido pelos poder público, fabricantes, importadores, comerciantes, e tem a previsão do acordo estar pronto em meados de 2018, não foi utilizado para fazer as propostas. Além disso, o poder público acatou pedidos dos fabricantes, importadores e comerciantes para mudar o REEE de perigoso para não perigoso recentemente.

A economia circular é o modelo que está sendo muito bem visto pelo mercado de eletroeletrônico, sendo assim utilizar as ferramentas que é de acordo com esse modelo, por exemplo o *Cradle to Cradle(C2C)* para se preocupar desde o momento do desenvolvimento do produto até a destinação final. Com isso, se pode fazer uma gestão e gerenciamento dos REEE de uma maneira onde todo o ciclo de vida do produto será considerado.

7 BIBLIOGRAFIA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR10004: Classificação de resíduos sólidos. Brasil, 2004a.

_____. NBR 15112 – **Resíduos da construção civil e resíduos volumosos** – Área de transbordo e triagem – Diretrizes paraprojeto, implantação e operação. 2004b.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo: ABELPRE,2016.

Análise Inventta(2009) – INVENTTA CONSULTORIA LTDA. Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de MG. Minas Gerais, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. Logística reversa dos equipamentos elétricos e eletrônicos. Disponível em < <http://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=160241> > .

BARBIERI, J. C. Gestão ambiental empresarial: conceito, modelos e instrumentos. 3ª ed. Atual e ampliada. São Paulo: Saraiva, 2011. 376 p.

BRANDL, H. Microbial Leaching of Metals, In: Biotechnology. Wiley-VCH Verlag GmbH, 2008, p. 191-224.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Planalto, Casa Civil. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm >. Acesso em 30 out 2017.

BVRIO – INSTITUTO BVRIO. Crédito de Logística Reversa – Uma Inovação Sócio-Ambiental para Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Brasil.

CALDAS, P. K. M. Síntese de nanopartículas de prata a partir de reciclagem de placas de circuito impresso. 2017. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

CAMARGO, I. V. de. Indicadores de sustentabilidade no contexto da política nacional de resíduos sólidos: Uma proposta para Bragança Paulista –SP. 2014. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

CAMPOS, A.R.; LUZ, A.B.; BRAGA, P.F.A. Separação em meio denso. 2010.

CARVALHO, T.C.M. de B., et al. Gestão de resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: , 2014. 240p. Elsevier. Rio de Janeiro, p.240,2014.

CASTRO, M. A. S. de. Diagnóstico da gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e proposta de modelo em um contexto de green supply chain management. 2014. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

CIMINELLI, V.S.T. Tendências biológicas Brasil 2015, geociências e tecnologia mineral, capítulo 4, hidrometalurgia, p. 157-174,2007.

Ellen MacArthur Foundation. Economia Circular: conceito, princípios, características, escolas de pensamento e diagrama sistêmico. Disponível em < <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular-1/conceito> >.

EUROPEAN PARLIAMENT. Directive 2012/19/EU Of The European Parliament And Of The Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Disponível em < <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&from=EN> >.

FIRJAN. Consulta ao índice. Disponível em: < <http://www.firjan.com.br/ifdm/consulta-ao-indice/> >.

GALILEU. Nova técnica extrai ouro e cobre de lixo eletrônico. Disponível em: < <http://revistagalileu.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Desenvolvimento/noticia/2016/02/nova-tecnica-extrai-ouro-e-cobre-de-lixo-eletronico.html> >.

GERBASE, A. E; OLIVEIRA, C. R. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química, Rio Grande do Sul, 2012.

GOOGLE MAPS. Disponível em <

"Rua+Aristodemo+Pellegrini,+S%C3%A3o+Carlos+-+SP,+Brasil"/""/"Coopervida+Cooperativa+de+Catadores+de+M++Rua+Jos%C3%A9+Mancini+-+Parque+Sao+Jose,+S%C3%A3o+Carlos+-+SP/@-22.0094628,-47.9300088,13z/data=!3m1!4b1!4m50!4m49!1m5!1m1!1s0x94b876fddfdaa57f:0xa299e2d7a2ca6d8a!2m2!1d-47.8769874!2d-22.0365781!1m5!1m1!1s0x0:0x4a28d3d40bb03292!2m2!1d-47.908617!2d-22.0409255!1m5!1m1!1s0x94b877669a7b077d:0x184f98318812cde4!2m2!1d-47.9152578!2d-22.0368286!1m5!1m1!1s0x0:0xce7ef0c5293ef0d6!2m2!1d-47.9236643!2d-21.9939698!1m5!1m1!1s0x0:0xd03d374195e9f025!2m2!1d-47.9315042!2d-21.9901834!1m5!1m1!1s0x0:0xa79eb2d34925c90a!2m2!1d-47.8944136!2d-21.9930743!1m5!1m1!1s0x0:0x381354db795d4de3!2m2!1d-47.8641873!2d-21.9958493!1m5!1m1!1s0x94b876fddfdaa57f:0xa299e2d7a2ca6d8a!2m2!1d-47.8769874!2d-22.0365781!3e0?hl=pt-BR&authuser=0 >.

GUPTA, C.K. Chemical Metallurgy principles and practice, Índia, 2003, p343, 516-518, 2003.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Informações completas. Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=354890> >.

_____. Censo demográfico 2010. Disponível em <

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/2098-np-censo-demografico/9662-censo-demografico-2010.html> >.

_____. Pesquisa Industrial Anua: Produto – PIA Produto. Disponível em <

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html> >.

_____. Histórico do município. Disponível em:<
<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=354890&search=sao-paulo|sao-carlos|infograficos:-historico> >.

INVENTTA CONSULTORIA LTDA, AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. Brasil, 2012.

JACHSON, E. Hydrometallurgical extraction and reclamation. New York: Ellis Horwood limited, 1986.

KIDDE, P.; NAIDU, R.; WONG, M. H. Electronic waste management approaches: Na Overview. Waste Management, v. 33, p. 1237-1250, 2013.

LI, J.; SHRIVASTAVA, P.; GAO, Z.; ZHANG, H.C. Printed circuit board recycling: A state-of-the-art survey. IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing, v.27, p. 33-42, 2004.

LUZ, A.B. DA; SAMPAIO, J.A.; FRANÇA, S.C. Tratamento de Minérios. Rio de Janeiro: CETEM/MCT,2004.

MATHEUS, J. Mineração Urbana: O tesouro escondido no lixo eletrônico. Pré univesp, n.61, 2016. Disponível em < <http://pre.univesp.br/mineracao-urbana#.WigZ6EqnG00> >.

MORAES, V.T. De Recuperação de Metais a Partir do Processamento Mecânico e Hidrometalúrgico de Placas de Circuito Impressos de Celulares Obsoletos. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), p.119, 2011.

NEVES, A. M. Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos e sua destinação em cooperativas de catadores em São Carlos – SP. 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

Pnuma – PROGRAMA PARA O MEIO AMBIENTE DA ONU. ONU prevê que o mundo terá 50 milhões de toneladas de lixo eletrônico em 2017. 13 de outubro de 2015. Disponível em < <https://nacoesunidas.org/onu-preve-que-mundo-tera-50-milhoes-de-toneladas-de-lixo-eletronico-em-2017/> >.

RAJOVIC, K. da C. S. Diretrizes para o gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Estudo de Caso: Uberaba, MG. 2016. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

REDDY, B.R.; PARK, K.H. Process for the Recovery of cobalto and Nickel from Sulphate Leach Liquors with Saponified Cyanex 272 and D2EHPA. Separation Science and Technology, v. 42, n.9, p.2067-2080, 2007.

RUBIN, R. S. Método de desmontagem de placas de circuito impresso provenientes de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para reciclagem. 2014. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

SÃO CARLOS. Publicado decreto com a composição do comitê para elaboração do plano municipal de resíduos sólidos. 1 de setembro de 2017a. Disponível em < <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/noticias-2017/171549-publicado-decreto-com-a-composicao-do-comite-para-elaboracao-do-plano-municipal-de-residuos-solidos.html> >.

_____. Relação Eco pontos em São Carlos. 2017b Disponível em < <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/meio-ambiente/163876-relacao-eco-pontos-em-sao-carlos.html> >.

SÃO PAULO, Lei Nº 12.300, de 16 de março de 2006. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes. Disponível em < http://www.saneamento.sp.gov.br/Arquivos/Decretos/Arquivo%20%20-%20Politica%20estadual%20de%20RS%20-%202006_Lei_12300.pdf > . Acesso em 30 out 2017.

SÃO PAULO, Lei Nº 13576, de 06 de julho de 2009. Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico. 2009^a. Disponível em < <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13576-06.07.2009.html> >. Acesso em 30 de out 2017.

SÃO PAULO. Lei Nº 54.645, de 05 de agosto de 2009b. Regulamenta dispositivos da Lei nº12.300 de 16 de março de 2006, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e altera o inciso I do artigo 74 do Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto nº8.468, de 8 de setembro de 1976. Disponível em <

<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2009/decreto-54645-05.08.2009.html> >. Acesso em 30 ou 2017.

SIMÃO, D. A. Diagnóstico de gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos dos Municípios da UGHI 13 – Tietê – Jacaré – em função dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. 2017. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

TECMUNDO. Novo sistema de GPS para smartphones vai ter precisão de 30 cm. 26 de setembro de 2017. Disponível em < <https://www.tecmundo.com.br/produto/122404-novo-sistema-gps-smartphones-ter-precisao-30-cm.htm> >.

TACONELLI, F. MP quer coleta seletiva em 100% das casas de São Carlos. 16 de setembro de 2016. Disponível em < <http://www.saocarlosemrede.com.br/politica/mp-quer-coleta-seletiva-em-100-das-casas-de-sao-carlos> >.

UNITED NATIONS UNIVERSITY. Final Report: 2008 Review of Directive 2002/96 on waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Europa, 2008.

UOL. Entenda a crise econômica que afeta o Brasil: Erro teria sido focar demais no consumo e se esquecer da produtividade. 15 de maio de 2016. Disponível em < <http://noticias.band.uol.com.br/noticias/100000806469/entenda-a-crise-economica-que-afeta-o-brasil.html> >.

____. Já era hora! Celulares terão GPS com precisão de até 30 cm em 2018. 08 de outubro de 2017. Disponível em < <https://tecnologia.uol.com.br/noticias/redacao/2017/10/08/ja-era-hora-celulares-terao-gps-com-precisao-de-ate-30-cm-ja-em-2018.htm> >.

UTIMURA, S. K. Reciclagem de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos: Separação de ABS e HIPS por Flotação. 2014. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

VEIT, H.M.; PEREIRA, C.C.; BERNARDES, A. M. Using mechanical processing in recycling printed wiring boards. JOM, v.54, n. 6, p. 45-47, 2002.

VEIT, H.M. (2005). Reciclagem de cobre de sucata de placas de circuito impresso.

WU, J.; LI, K.; XU.Z. Electrostatic separation for multi-size granule of crushed printed circuit board waste using two-roll separator. *Journal of Hazardous Materials*, v.159, n. 2-3, p. 230-234, 2008.