

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA – CCT
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – LEPROD

LUIZ PHILLIPE MOTA PESSANHA

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR NO DESCARTE DE EQUIPAMENTOS DA
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO: UM ESTUDO
DE CASO EM CAMPOS - RJ**

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

Maio de 2017

LUIZ PHILLIPE MOTA PESSANHA

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR NO DESCARTE DE EQUIPAMENTOS DA
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO: UM ESTUDO
DE CASO EM CAMPOS - RJ**

Dissertação apresentada ao programa de pós graduação em Engenharia de Produção do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof^ª. Gudelia Guillermina Morales de Arica, D. Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

Maio de 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCT / UENF

59/2017

Pessanha, Luiz Phillipe Mota

Análise do comportamento do consumidor no descarte de equipamentos da tecnologia da informação e estimativa do potencial de geração : um estudo de caso em Campos - RJ / Luiz Phillipe Mota Pessanha. – Campos dos Goytacazes, 2017.

60 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia de Produção. Campos dos Goytacazes, 2017.

Orientador: Gudelia Guillermina Morales de Arica.

Área de concentração: Pesquisa operacional..

Bibliografia: f. 52-56.

1. LIXO ELETRÔNICO 2. LOGÍSTICA RESERVA 3. MÉTODO AHP I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia de Produção II. Título

CDD 658.51

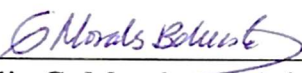
LUIZ PHILLIPE MOTA PESSANHA

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR NO DESCARTE DE EQUIPAMENTOS DA
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO: UM ESTUDO
DE CASO EM CAMPOS - RJ**

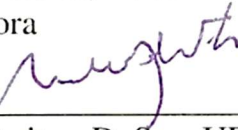
Dissertação apresentada ao programa de pós
graduação em Engenharia de Produção do Centro
de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual
do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte
das exigências para obtenção do título de Mestre
em Engenharia de Produção.

Aprovada em 19 de maio de 2017.


BANCA EXAMINADORA:



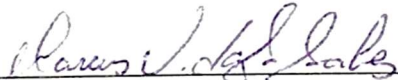
Prof^a. Gudelia G. Moraes de Arica, D. Sc – UENF
Orientadora



Prof. André Luis Policani Freitas, D. Sc – UENF



Prof. Frederico Galaxe Paes, D. Sc – IFF



Prof. Marcus Vinicius da Silva Sales, D. Sc – UNESA

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

Maio de 2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado capacidade de chegar até onde estou e ter guiado meus caminhos, me fazendo trilhar uma trajetória de boas conquistas.

Agradeço à minha família, meus pais, Luiz Carlos e Deonilma Ribeiro, e minhas irmãs, Keila Mota e Jéssica Mota, pelo incentivo, apoio, acolhimento, direcionamentos... Mesmo sem necessariamente notar, vocês me ajudaram muito!

Em especial, agradeço a minha orientadora Prof^a Gudelia Morales por toda paciência, compreensão, estímulo. Por compartilhar, com muita humildade, seu conhecimento, suas experiências, dando suporte necessário a esse trabalho e não o deixando ser assombrado por falta de motivação.

Agradeço também aos meus amigos Felipe Mesquita, Lucila Rebello, Josinaldo Dias, Jéssica Almeida e Sânya Caldeira que compartilharam cada desafio e conquista dessa jornada no mestrado. O apoio de vocês foi indispensável!

Por fim, estendo esse agradecimento a todos que não foram citados, mas que contribuíram para realização desse curso de mestrado em Engenharia de Produção na UENF.

RESUMO

PESSANHA, L. P. M.; MORALES, G. Análise do Comportamento do Consumidor no Descarte de Equipamentos da Tecnologia da Informação e Estimativa do Potencial de Geração: Um Estudo de Caso em Campos – RJ.

A gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) ou lixo eletrônico (e-lixo ou *e-waste*) tem se tornado grande motivo de preocupação para as comunidades devido aos grandes volumes de resíduos gerados, a partir do consumo, no final do século XX. Nesse contexto, esse trabalho busca levantar informações importantes para implantação de um sistema de Logística Reversa abrangente e regular para os REEE da Tecnologia da Informação no município de Campos dos Goytacazes – RJ. Essas informações correspondem a obtenção de uma estimativa do potencial de geração de REEE (celulares, computadores e *tablets*) na cidade e uma análise do comportamento do consumidor, utilizando uma versão adaptada e inspirada no Método AHP, com respeito as considerações mais relevantes no momento do descarte. Os dados deste trabalho foram levantados através da aplicação de questionários a uma amostra representativa no município em estudo. Percebeu-se que os resultados encontrados apoiam as decisões tomadas no dimensionamento de um sistema de gestão eficiente dos REEE. Ressalta-se ainda que esta pesquisa verificou, na região do Norte Fluminense, indicadores e características de descarte contemplando considerações de sustentabilidade e ecoeficiência, segundo o que determina a legislação brasileira sobre Resíduos Sólidos.

Palavras-chave: Lixo Eletrônico; Logística Reversa; Método AHP.

ABSTRACT

PESSANHA, L. P. M .; MORALES, G. Analysis of Behavior of Consumers in Disposal of Information Technology Equipment and Estimation of Generation Potential: A Case Study in Campos - RJ.

The management of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) or electronic waste (e-waste) has been a major concern for urban communities due to the large volumes of waste generated, from the end of the 20th century. In this context, this research seeks to collect important information for the implementation of an embracing and regular system of Reverse Logistics for WEEE of of Information Technology in the city of Campos dos Goytacazes - RJ. This information corresponds to obtain an estimate of the potential of e-waste generation (mobile phones, computers and tablets) in the city and the behavior of the consumer analysis using a version adapted and inspired by the AHP Method, with respect to the most relevant considerations at the time of disposal. The data required for this research were collected through the application of questionnaire to a representative and random sample in the city under study. It was observed that the results found support as decisions taken in the WEEE management system. It important to emphasize that this research verified, in the North Fluminense region, indicators and characteristics of disposal, considering the sustainability and eco-efficiency, according to what determines the Brazilian legislation on Solid Waste.

Keywords: Electronic waste; Reverse logistic; AHP method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação genérica de uma Cadeia ou Rede de Suprimentos Reversa. <i>Adaptado de Pochampally et. al (2008).</i>	20
Figura 2 - Representação genérica de uma Cadeia ou Rede de Suprimentos de Ciclo-fechado. <i>Adaptado de Pochampally et. al (2008).</i>	21
Figura 3 – Canais de Distribuição de pós-consumo. <i>Fonte Leite (2005).</i>	24
Figura 4 – Estrutura de hierarquias. <i>Adaptado de Saaty (1990).</i>	27
Figura 5 - Múltiplas variáveis e diferentes dados aplicadas no modelo que utiliza os indicadores Vendas - Vt , Estoque - En e distribuição do tempo de Vida útil - $Lp(t, n)$. <i>Adaptado de Wang et al. (2013).</i>	32
Figura 6 - Estrutura metodológica	37
Figura 7 – Hierarquia do problema	41
Figura 8 – Gráfico das opções consideradas para celulares fora de uso. ($n = 319$)	44
Figura 9 - Gráfico das opções consideradas para computadores fora de uso. ($n = 249$)	44
Figura 10 - Gráfico das opções consideradas para <i>tablets</i> fora de uso. ($n = 146$)	44
Figura 11 – Gráfico dos critérios x PML's	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala para comparações pareadas. <i>Adaptado de Saaty (2000)</i>	26
Tabela 2 – Tabela de Conversão para escala de Saaty.	41
Tabela 3 – Características gerais dos respondentes.....	43
Tabela 4 – Estimativa da geração dos REEE, município de Campos-RJ.....	45
Tabela 5 – Grau de importância para os critérios.....	47
Tabela 6 – Matriz de Comparação para Celular.....	47
Tabela 7 - Matriz de Comparação para Computador.....	48
Tabela 8 - Matriz de Comparação para <i>Tablet</i>	48
Tabela 9 – Cálculo da Razão de Consistência (RC).....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Considerações sobre a Logística Reversa. <i>Adaptado de Dias (2015)</i>	23
Quadro 2 - Tipos de EEE investigados.....	38
Quadro 3 – Critérios considerados	46

LISTA DE SIGLAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

AHP – Analytic Hierarchy Process

EEE – Equipamentos Elétricos Eletrônicos

IOA – *Input-Output Analysis*

LR – Logística Reversa

REEE – Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos

PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos

TI – Tecnologia da Informação

UE – União Europeia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	14
1.1 INTRODUÇÃO.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivos Gerais.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
1.3 JUSTIFICATIVA.....	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
CAPÍTULO 2.....	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Cadeia de Suprimentos Reversa de Ciclo Fechado.....	19
2.2 A Logística Reversa e o E-lixo.....	22
2.3 Método <i>Analytic Hierarchy Process</i> - AHP.....	25
2.4 Modelos para Estimativa de Geração de REEE.....	31
2.4.1 Modelo <i>time step</i>	33
2.4.2 Modelo de Suprimento de Mercado.....	33
2.4.3 Modelo de Filtragem (<i>leaching</i>).....	34
2.5 Comportamento dos Consumidores frente aos REEE.....	34
CAPÍTULO 3.....	37
3 METODOLOGIA.....	37
3.1 Pesquisa Bibliográfica.....	37
3.2 Coleta dos Dados.....	37
3.2.1 Seleção da Amostra.....	38
3.2.2 Tabulação dos Dados.....	39
3.3 Estimativa do Potencial de Geração.....	39
3.4 Análise do Comportamento do Consumidor.....	40

CAPÍTULO 4.....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
4.1 Modelo de Estimativa de Geração de REEE	45
4.2 Análise do Comportamento do Consumidor	46
5 CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
APÊNDICE A.....	58
ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO.....	59

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

O ambiente competitivo em que se encontram as empresas fomenta a busca por inovação tecnológica visando garantir sobrevivência no mercado e melhores taxas de lucro. Nesse sentido, o rápido desenvolvimento tecnológico inserido em novos produtos, juntamente com o desejo, por vezes induzido pela mídia, dos consumidores em adquirir produtos lançados recentemente está levando a problemas ambientais: maior consumo de recursos naturais e geração de maior quantidade de resíduos, dado pela destinação inadequada desses produtos que muitas vezes são descartados prematuramente antes mesmo de perder sua funcionalidade (POCHAMPALLY, NUKALA e GUPTA, 2009; VICTOR e KUMAR, 2012).

Tal fato é mais preponderante quando se considera o setor da indústria eletroeletrônica, o qual atualmente ilustra, com clareza, essa dinâmica de produção, consumo e geração de resíduos. Isso ocorre principalmente devido ao encurtamento do ciclo de vida útil dos produtos ou Equipamentos Elétricos Eletrônicos - EEE, fazendo com que os mesmos tenham obsolescência programada ou planejada, visando a sua substituição rápida e, assim, fazendo girar a roda da sociedade de consumo (OLIVEIRA da SILVA, 2012); somado ao fato de que possuem baixíssimas taxas de reciclagem (VICTOR e KUMAR, 2012).

Os Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) correspondem aos EEE descartados por usuários e incluem os componentes, subconjuntos e materiais que fazem parte do produto no momento do descarte (TSYDENOVA e BENGTTSSON, 2011; RODRIGUES, 2012). O volume crescente de geração desses resíduos aliado à sua composição de alto risco ao ambiente e a saúde humana caracterizada pelos metais pesados (tais como mercúrio, cádmio, chumbo, entre outros) necessários, até o momento, na produção dos EEE implicam em dificuldades no seu descarte correto e tratamento adequado. Vale ressaltar que a destinação impropria de REEE em lixões e aterros controlados coloca em risco o solo, podendo até mesmo contaminar as águas de lençóis freáticos e dos rios pela liberação dos metais pesados.

Como apontado por Cox et al. (2013), a maioria dos produtos eletrônicos de pequeno porte (como caso dos celulares, computadores, etc.) são considerados com ciclo de vida esperado inferior a cinco anos. Além disso, estes produtos são facilmente descartados antes do fim da sua vida útil, por razões de manter-se alinhado aos avanços tecnológicos.

Devido à composição diversificada, o gerenciamento da cadeia de reciclagem dos REEE torna-se complexo, por exemplo, as atividades de coleta e tratamento desses resíduos são onerosas e demandam um bom planejamento. Dessa forma, tornou-se importante a formulação e implantação de legislação específica visando equacionar a logística desta reciclagem, que envolve o tratamento, o transporte e a disposição ambientalmente seguras dos materiais recicláveis. Pode-se considerar o caso em que é utilizada a extensão da responsabilidade das empresas produtoras e/ou comercializadoras, quanto ao descarte dos seus produtos fabricados e/ou comercializados.

Li et al. (2012) comentaram que os países desenvolvidos têm liderado o caminho no estabelecimento de sistemas formais para o tratamento de REEE. Desde o início da década de 1990, estabeleceu-se, na União Europeia, a adoção de diretivas para tratamento desses resíduos. No Brasil, a Lei Federal nº 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) que estabelece princípios, objetivos e diretivas para a gestão integrada dos resíduos sólidos no país (Artigo 1º), compartilhando responsabilidades entre fabricantes, consumidores e poder público responsável pela limpeza urbana (Item XVII, Art. 3º).

No Brasil e nos países em desenvolvimento existe um contingente de pessoas – catadores – que colaboram com a limpeza urbana, atuando sobre os resíduos recicláveis, entre eles os REEE. Este grupo em Rodrigues (2016) é reconhecido, ressaltando a existência de um quarto *stakeholder*, representado pelas empresas (ou cooperativas de catadores) gerenciadoras de resíduos recicláveis.

Nesse contexto, reforça-se a responsabilidade que as empresas têm na questão do desenvolvimento sustentável. Faz-se necessário, então, que as companhias modifiquem suas operações com o intuito de promoverem a recuperação ou reaproveitamento dos seus produtos. Dessa forma, fica clara a importância de um planejamento da Cadeia de Suprimentos de Ciclo-fechado (*Closed-loop Supply Chain*), através da inclusão de uma facilidade que se ocupe das atividades de logística reversa e o reaproveitamento de produtos (SILVA e SILVA, 2012).

A PNRS (2010) também trata da obrigação dos consumidores em disponibilizar adequadamente seus resíduos sólidos para coleta e devolução, sempre que houver sistema de coleta seletiva municipal ou sistema de Logística Reversa (LR) estabelecidos (ABDI, 2013).

Os sistemas de LR emergentes em países em desenvolvimento, como caso do Brasil, enfrentam problemas como lacunas na legislação, falta de incentivos econômicos, baixa conscientização dos consumidores, produtos sem marca definida (EEE órfãos) e catadores de

materiais recicláveis que coletam e destinam quantidades crescentes de REEE com pouco preparo para lidar com os riscos relativos à saúde, à segurança e à proteção do meio ambiente (DEMAJOROVIC, AUGUSTO e SOUZA, 2016).

Neste trabalho busca caracterizar o fluxo de geração de REEE no município de Campos dos Goytacazes, uma cidade de médio porte localizada no norte do estado do Rio de Janeiro com uma população estimada em mais de 480 mil habitantes, distribuídos em um total de 150 bairros, sendo a 6ª cidade mais populosa do estado (IBGE, 2016). Selecionou-se para investigação uma amostra devidamente estimada com a finalidade de fornecer subsídios para implementação de um modelo de LR para os REEE no município, podendo este ser pretendido como protótipo a ser adaptado a outras realidades do país.

Ter uma previsão de forma mais precisa da geração atual e futura dos REEE é importante para quantificar o potencial de resíduos e estimar e conteúdo tóxico gerados com o descarte. Os resultados desta pesquisa visam fornecer uma base para otimizar o planejamento de políticas para os REEE, que busca otimizar sistemas de gestão da coleta e monitorização da implementação legislativa.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo geral estudar e analisar de maneira qualitativa e quantitativa a situação do e-lixo (especificamente de equipamentos da Tecnologia da Informação), no município de Campos dos Goytacazes-RJ, visando alcançar um gerenciamento da Cadeia de Suprimentos de Ciclo-fechado.

1.2.2 Objetivos Específicos

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

- Fazer um levantamento das quantidades de EEE, mais especificamente de celulares, computadores (portáteis e pessoais) e *tablets*, em uso e armazenados nos domicílios, estimando o potencial de geração e conseqüente descarte de REEE no município;
- Identificar e hierarquizar, na percepção do consumidor, os critérios que influenciam o descarte adequado de celulares, computadores e *tablets*.

- Propor melhorias no processo atual de descarte do município à luz de um modelo de Logística reversa sob as diretrizes da PNRS (2010) que garante diminuição de impactos ambientais e inclusão da sustentabilidade na cadeia produtiva dos EEE.

Os objetivos foram elencados visando fornecer respostas para as seguintes questões de pesquisa:

Qual o potencial de e-lixo específicos (celulares, computadores e *tablets*) que pode ser gerado no município no ano de 2016?

Quais são as percepções dos consumidores relacionadas com o processo atual de descarte dos REEE na cidade de Campos?

Qual(ais) critério(s) são mais relevantes (importância) e podem surgir como facilitadores ou obstáculos para o descarte correto dos REEE, especificamente de equipamentos com ciclo de vida curto planejado e baixa taxa de recolhimento (Ylämella, Keiski e Pongrácz, 2015), como o caso dos celulares.

1.3 JUSTIFICATIVA

Na cidade de Campos, como na maioria das cidades brasileiras, ainda não há um sistema de Logística Reversa para a gestão dos REEE, como já acontece para as embalagens de agrotóxicos. O Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV) responde pelo gerenciamento do sistema de Logística Reversa de embalagens vazias de defensivos agrícolas; criado em atendimento à Lei Federal nº 9.974/2000 e ao Decreto 4.074/2002 (INPEV, 2015). Também, na mesma direção, existe o programa nacional de coleta e destinação de pneus inservíveis, o Programa Reciclanip, cujas atividades atendem a resolução CONAMA 416/09. Este programa foi criado por fabricantes de pneus que atuam no Brasil. Um modelo de gestão para o REEE requer um diagnóstico que considere as características específicas dos fluxos de informação institucional e domiciliar, equivalentes aos fluxos de produção e descarte dos EEE.

Em particular, o fluxo domiciliar tem características específicas, tais como geração difusa dada principalmente pelo fator tempo, ou seja, prever em que momento e de que forma os produtos serão descartados. Além disso existem dificuldades associadas ao comportamento e prática dos consumidores.

Como retratado no relatório da ABID (2013), estudos com consumidores apontam que grande parte deles está preocupada com o descarte correto dos EEE, mas poucos sabem o que fazer com esse material, seja por falta de informação ou pela ausência de locais apropriados

para o descarte. Nesse sentido, reforça-se a importância de identificar na perspectiva dos consumidores fatores facilitadores e obstáculos para o descarte correto dos REEE.

A falta de canais de reciclagem no município contribuiu para o reuso excessivo e descarte inadequado de EEE, demandando necessidade urgente de estabelecer um sistema de gerenciamento dos REEE que utilize processos de Logística Reversa.

Os EEE considerados nesta pesquisa, a saber: celulares, computadores (portáteis e pessoais) e *tablets*; pertencem a categoria Equipamentos da Tecnologia da Informação (TI) e Telecomunicações, especificada na Diretiva 2012/19/EU. No apêndice A pode-se encontrar os outros equipamentos que pertencem a referida categoria.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos. No capítulo 1 analisou-se a importância do tema descrevendo as motivações, objetivos e justificativas que levaram a elaboração e a adoção da metodologia para a pesquisa. O capítulo 2 apresenta os temas que compõe a revisão da literatura para fundamentação desse trabalho. A metodologia utilizada é descrita no capítulo 3. No capítulo 4 apresentamos os resultados e discussão e, por fim, as conclusões.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo serão abordados alguns tópicos que servirão de aporte para o estudo aqui apresentado.

2.1 Cadeia de Suprimentos Reversa de Ciclo Fechado

Antes de abordar o conceito de Cadeia de Suprimentos de Ciclo-fechado é importante definir o que é uma Cadeia de Suprimentos. Segundo Ravindran e Warsing (2013), essa cadeia é constituída por uma série de facilidades (por exemplo, fornecedores, empresas de manufatura, distribuidores, clientes, etc.) que estão geograficamente separados e com um estoque armazenado ou na forma de valor. Além disso, a Cadeia de Suprimentos pode ser também entendida como a coordenação de um conjunto de atividades relacionadas com a aquisição de matérias-primas, produção de produtos e distribuição dos produtos acabados aos clientes.

De acordo com Chopra e Meindl (2001), o fluxo dentro da Cadeia de Suprimentos inclui produtos (matéria-prima, produtos intermediários e acabados), finanças (faturas, pagamentos, crédito) e informação (pedidos de compra, entregas, níveis de estoque, promoções de marketing). O gerenciamento da Cadeia de Suprimentos aparece no planejamento e coordenação desse fluxo desde o fornecedor até o consumidor final.

Uma preocupação atual dos países industrializados é com a redução de resíduos. Dessa forma, determinou-se que as indústrias têm a responsabilidade legal de minimizar os impactos ambientais gerados por seus produtos e processos.

De acordo com Beamon (1999), a Gestão da Cadeia de Suprimentos associada à gestão ambiental caracteriza a Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos ou *Green Supply Chain Management*. Essa forma de gestão da cadeia implica na necessidade de avaliação dos impactos ambientais em todo ciclo de vida dos produtos, que compreende as etapas desde a extração da matéria-prima, passando pelo processo produtivo, o consumo até a disposição final (fluxo direto da cadeia de suprimentos), incluindo na estrutura da cadeia atividades como coleta do produto descartado, remanufatura, reuso, reciclagem, dentre outras.

A definição legal de Logística Reversa - LR encontra-se no inciso XII do art. 3º da Lei n. 12.305/2010, dada como:

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.

Leite (2009) classificou a LR em dois tipos, a primeira chamada de LR de pós-consumo que se preocupa com o fluxo reverso de produtos descartados no fim da sua vida útil. Já a LR de pós-venda trata de produtos com pouco ou nenhum uso, que retornam, por exemplo, por problemas de qualidade. A LR proposta pela Lei PNRS é a de pós-consumo.

O fluxo reverso da cadeia de suprimentos acontece quando os produtos chegam ao final da sua vida útil¹, ou seja, no pós-consumo. Nesse ponto, se faz importante um sistema eficiente de LR. A Figura 1 abaixo mostra uma cadeia de suprimentos reversa genérica.

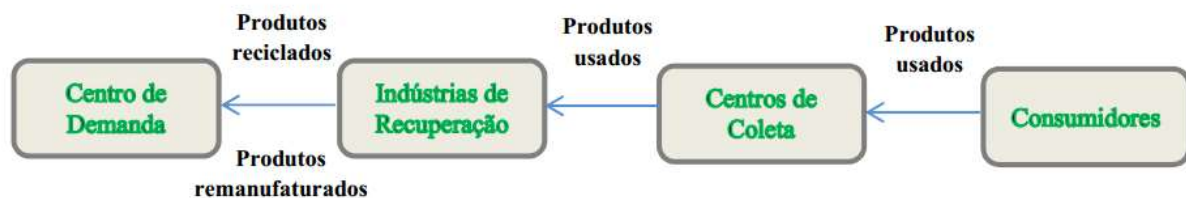


Figura 1 - Representação genérica de uma Cadeia ou Rede de Suprimentos Reversa. *Adaptado de Pochampally et. al (2009).*

Como pode ser observado na figura acima, os produtos usados são enviados a centros de coleta e, posteriormente, à indústria de recuperação onde são reprocessados gerando produtos reciclados ou remanufaturados que serão absorvidos por uma demanda.

A consciência ambiental tornou-se obrigação para a maioria das empresas dentro da Cadeia de Suprimentos tradicional ou direta por força da legislação e pelo aumento da preocupação atual dos consumidores com as questões ambientais (SAVASKAN, BHATTACHARYA e WASSENHOVE, 2004; LAMBERT e GUPTA, 2005).

A Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos vem sendo desenvolvida pelas empresas de manufatura não apenas como resposta as pressões externas, como relatado anteriormente, mas também como uma visão estratégica de negócio, com intuito de obter melhores resultados ambientais e comerciais, como por exemplo redução nos custos de fabricação de produtos a partir de materiais e componentes provenientes de reprocessamento (FIGUEIRÓ, 2010).

¹ Tempo de **vida útil** é definido como o tempo total a partir do ponto de venda do produto até o momento em que ele é descartado pelo consumidor e enviado para o sistema de gestão de resíduos sólidos. Portanto, produtos que foram reutilizados são ainda considerados dentro do tempo de vida útil. (ARAÚJO, et al., 2012).

Para Pochampally, Nukala e Gupta (2009), a cadeia de suprimentos reversa envolve as operações de LR de pós-consumo a fim de reprocessar produtos tanto para recuperar seu valor de mercado, quanto para descartá-los da maneira adequada. A combinação de cadeias de suprimentos direta e reversa foi chamada pelos autores de Cadeia de Suprimentos de Ciclo-fechado como é representada, genericamente, na Figura 2 (POCHAMPALLY, NUKALA e GUPTA, 2009), onde não é considerada a LR de pós-venda.

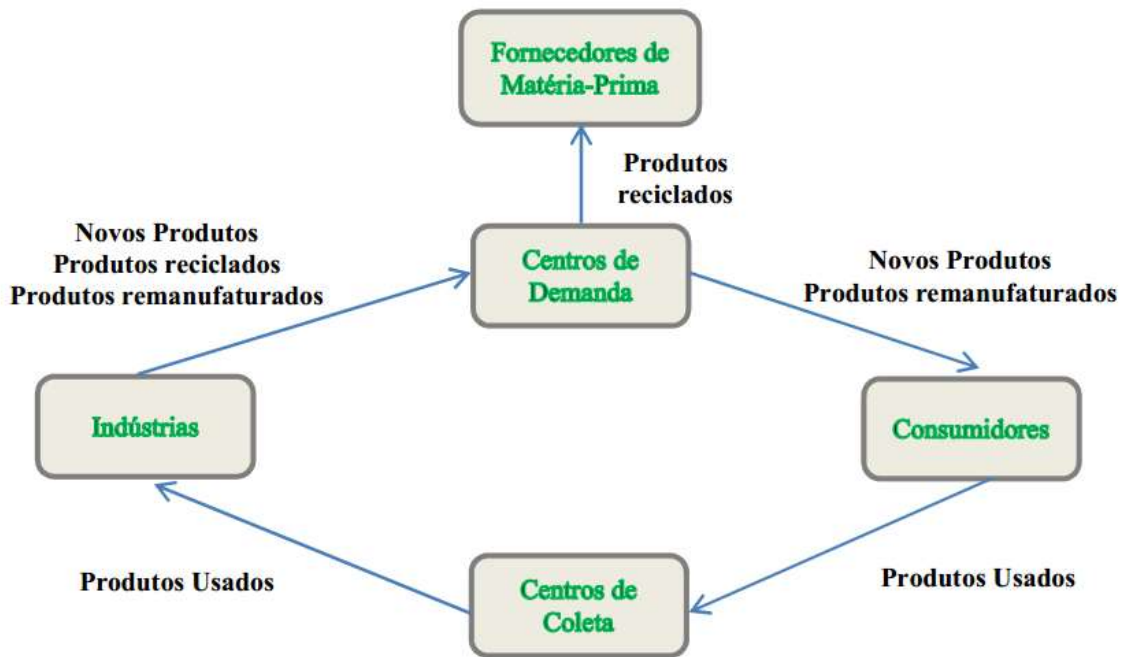


Figura 2 - Representação genérica de uma Cadeia ou Rede de Suprimentos de Ciclo-fechado. *Adaptado de Pochampally et. al (2009).*

Comparando a Figura 1 com a Figura 2, pode-se observar que os produtos usados continuam sendo enviados a centros de coleta e deste ponto seguem para indústrias (que incluem também indústrias de recuperação) onde são processados gerando, agora, novos produtos, produtos reciclados ou remanufaturados que serão absorvidos por uma demanda. Os produtos reciclados ainda podem ser enviados aos fornecedores de matéria-prima.

Uma cadeia ou rede de suprimentos reversa pode ser aplicada a maioria das indústrias, incluindo a automobilística, química, vestuário, eletroeletrônicos, dentre outras.

No Brasil, a literatura na área da Cadeia de Suprimentos de Ciclo-fechado ainda é escassa, principalmente no que diz respeito aos benefícios ambientais, além dos econômicos, que esse processo de remanufatura oferece.

Analogamente aos níveis hierárquicos de planejamento em uma organização, a saber nível estratégico, nível tático e operacional, a cadeia de suprimentos também envolve três

níveis de tomada de decisão: **Design da Cadeia de Suprimentos** (planejamento estratégico) onde são envolvidas decisões a longo prazo sobre a estrutura da cadeia, tais como localização, capacidade dos armazéns e de produção; **Planejamento da Cadeia de Suprimentos** (planejamento tático) envolve decisões de médio prazo sobre a política de estoque, terceirização, o alcance das promoções de marketing, etc.; **Operações na Cadeia de Suprimentos** (planejamento operacional) inclui, basicamente, decisões de curto prazo que envolvem a melhor forma de atender os pedidos dos clientes, alocando os estoques e a produção aos pedidos, sequenciando as entregas, fazendo reabastecimento de pedidos, dentre outras (POCHAMPALLY, NUKALA e GUPTA, 2009; CHOPRA e MEINDL, 2001).

A Cadeia de Suprimentos de Ciclo-fechado se diferencia da Cadeia de Suprimentos direta ou tradicional em muitos aspectos, tais como caminho dos produtos uniforme dentro da cadeia direta e não uniforme para cadeia inversa, custos diferentes envolvidos, administração de estoque diferentes para cada cadeia, dentre muitos outros aspectos. Por conta dessas diferenças os modelos matemáticos que abordam as decisões envolvidas na cadeia direta não podem ser adaptados para a cadeia inversa ou de ciclo-fechado. Alguns exemplos de problemas que podem ser tratados pela modelagem matemática são: Seleção de produtos usados; Avaliação de centros de coleta, unidades de produção e de recuperação; Otimização do transporte de produtos; Mensuração da *performance* da Cadeia; entre outros (POCHAMPALLY, NUKALA e GUPTA, 2009).

2.2 A Logística Reversa e o E-lixo

A cadeia de suprimentos de ciclo-fechado requer uma expansão da gestão da cadeia de suprimentos direta, incorporando aspectos ecológicos, sociais e econômicos, nas práticas de negócio, através da: responsabilidade social, estratégias de compra verde, análise de ciclo de vida do produto, substituição e reutilização de insumos, Logística Reversa, destinação correta de resíduos, dentre outros (SVENSSON, 2007).

Para o INPEV (2014) a LR está ligada ao retorno dos produtos ao ciclo produtivo e sua aplicação visa à reutilização de recursos escassos, à maior conscientização ecológica dos consumidores e à redução de custos dos processos produtivos.

No quadro a seguir, apresenta-se algumas considerações sobre a Logística Reversa:

Quadro 1 – Considerações sobre a Logística Reversa. *Adaptado de Dias (2015)*

Autores	Definições
FLEISCHMANN et al. (1997)	<p><i>“Logística reversa é o processo de planejamento, implementação e controle eficiente e eficaz do fluxo de entrada e armazenagem de materiais secundários e informações relacionadas opostas à direção tradicional da cadeia de suprimentos, com o propósito de recuperar valor ou descartar corretamente materiais. ”</i></p>
STOCK (1998)	<p><i>“O papel da logística em termos de retorno de produtos, redução de recursos, reciclagem, substituição de materiais, reutilização, disposição de resíduos, reforma, reparo e manufatura. ”</i></p>
ROGERS E TIBBEN-LEMBKE (1998)	<p><i>“A LR foi definida como o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência, custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques, produtos acabados e informações relativas do ponto de consumo até a origem, com o propósito de recuperar o valor ou adequar o seu destino. ”</i></p>
BALLOU (2001)	<p><i>“LR é utilizada para descrever as atividades relacionadas com os fluxos de entrada de materiais e de saída de produtos e tende a ganhar uma visão integrada entre as organizações à medida que estas passam a planejar suas atividades de forma conjunta, para melhor servir o mercado e ganhar eficiência e eficácia. ”</i></p>
MEADE E SARKIS (2007)	<p><i>“A LR representa um mecanismo no qual o fabricante pode utilizá-lo para recolher produtos no final da sua vida útil, onde o ponto de origem é o consumidor e o destino desses produtos possivelmente serão os canais de reciclagem e remanufatura. ”</i></p>

A logística reversa pode ser realizada através do canal convencional (conhecido como logística direta), através do canal reverso, ou através de uma combinação que usa ambos os canais (THIERRY et al, 1995).

Os canais de distribuição reversos no pós-consumo são responsáveis pelo fluxo de produtos duráveis, semiduráveis, descartáveis incluindo seus materiais e componentes oriundos do descarte depois de esgotada a sua utilidade original. Após uma parcela desses diversos tipos de produtos de pós-consumo serem disponibilizados pelos consumidores, se pode fluir de acordo com o esquema apresentado na Figura 3. Como também mostra a figura, tais produtos podem ser coletados pelos canais como coleta de lixo urbano, coleta seletiva, o

desmanche, o reuso, além de uma série de outras, genericamente denominadas fontes informais. (LEITE, 2005).

Ainda segundo Leite (2005), o material coletado pode ser reintegrado ao ciclo produtivo de diferentes maneiras: como bens de segunda mão ou convertidos em suas partes, subconjuntos e materiais constituintes, dando origem a uma série de atividades comerciais, industriais e de serviços reversos.

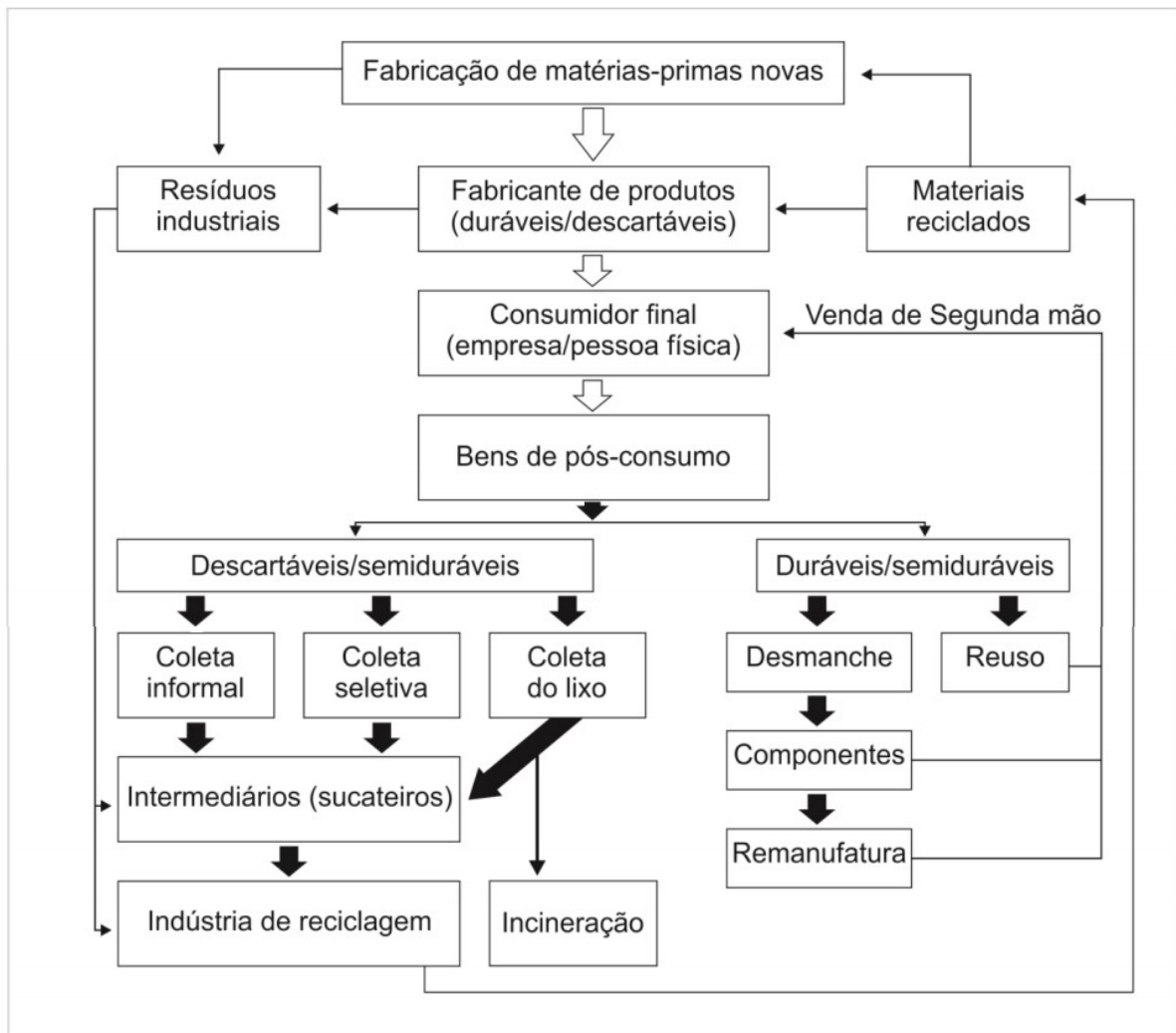


Figura 3 – Canais de Distribuição de pós-consumo. *Fonte Leite (2005).*

No trabalho de Souza e Santos (2009) foi feita uma pesquisa exploratória sobre as principais motivações para o uso da LR na gestão dos resíduos de microcomputadores. Os resultados encontrados refletiram as vantagens da LR que compreendem a diminuição do impacto ambiental, a melhor utilização dos recursos escassos, o atendimento a legislação, as vantagens econômicas para as empresas com a redução de custos, dentre outras.

A pesquisa de Santos (2010) analisou as atividades de Logística Reversa nas empresas usuárias de microcomputadores e, ainda, como elas se adequam a legislação atual. Com essa pesquisa, percebeu-se que as empresas no Brasil ainda desconhecem a legislação que rege a destinação dos resíduos sólidos.

Em Carvalho e outros (2012) foi feita uma análise do processo de destinação dos resíduos eletroeletrônicos de microcomputadores no município de Contagem/MG. A conclusão final foi que não existe uma estrutura para a reciclagem ou reaproveitamento desses resíduos no município. Na pesquisa de Silva et al. (2013) foi analisado o gerenciamento dos resíduos eletrônicos em Natal / RN e, ainda, como as empresas estão se adequando a Política Nacional de Resíduos Sólidos, sob a ótica da Logística Reversa.

Morales e colaboradores (2010) apresentaram a situação do lixo eletrônico (computadores *desktops*) no Brasil e no mundo e também analisam como é feita a gestão do descarte desse lixo nas Instituições de Ensino Superior – IES do município de Campos/RJ. O trabalho reforça a ideia de criar um Centro de Triagem para o e-lixo das IES.

Nessa perspectiva, o trabalho de França (2011) apresenta contribuições para um diagnóstico da situação do e-lixo no Brasil e nas IES da cidade de Campos dos Goytacazes-RJ. Foi proposto um centro piloto de armazenagem e triagem para PC's *desktops* identificando os setores da logística reversa necessários para a cadeia de reuso/reciclagem desses materiais. Tal proposta foi inspirada no que é feito na USP através do Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática – CEDIR que funciona como ponto de coleta reuso e descarte sustentável do lixo eletrônico. Ainda nesse trabalho é destacada uma grande contribuição proveniente da possibilidade de implantação de um centro, dada pela iniciativa pioneira de tratamento racional dos resíduos eletrônicos na cidade, ação voltada para reutilização e reciclagem de materiais e resíduos que forma parte do conceito de economia de baixo carbono. Sendo esta, uma economia onde os setores produtivos minimizam as emissões de gases do efeito estufa, principalmente o gás carbônico.

2.3 Método *Analytic Hierarchy Process* - AHP

Segundo Saaty e Vargas (1991) o *Analytic Hierarchy Process* - AHP é um procedimento sistemático utilizado para representar hierarquicamente os elementos: critérios (e subcritérios) e as alternativas de um problema. Organiza racionalmente a divisão de um problema em partes cada vez menores (fase de decomposição) e, em seguida, através de uma série de julgamentos comparativos par a par a luz de cada critério, orienta os tomadores de decisão (procedimento documentado e pode ser re-examinado) para expressar a força relativa

ou intensidade do impacto dos critérios na hierarquia. Estes julgamentos são escalonados de forma verbal e variam em importância entre igual até extrema importância. Em geral, utiliza-se uma escala numérica, proposta por Saaty (2000), para representar os julgamentos denominada Escala Fundamental do AHP, conforme a Tabela 1:

Tabela 1 - Escala para comparações pareadas. *Adaptado de Saaty (2000)*

Intensidade da Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Dois critérios têm igual contribuição para o objetivo.
3	Moderada importância	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente um critério em detrimento de outro.
5	Forte importância	Experiência e julgamento favorecem fortemente um critério em detrimento de outro.
7	Muito forte importância	Um critério está muito fortemente favorecido sobre outro.
9	Extrema importância	Há evidência favorecendo um critério em detrimento de outro. É a mais alta ordem possível de afirmação.
2,4,6,8	Ajuste entre os valores acima	Às vezes é preciso interpolar numericamente um julgamento, porque não há palavra adequada para descrevê-lo.

Uma tarefa importante no processo de tomada de decisão é escolher os elementos que são relevantes para essa decisão. No método AHP podemos organizar esses fatores, uma vez selecionados, em uma estrutura hierárquica a partir de um conjunto de critérios, subcritérios (caso existam) e alternativas em níveis sucessivos, como mostra a Figura 4. O AHP é projetado para situações nas quais ideias, sentimentos e emoções que afetam a tomada de decisão são quantificados para fornecer uma escala numérica, a fim de determinar certas prioridades. (SAATY, 1990; TAHA, 2013)

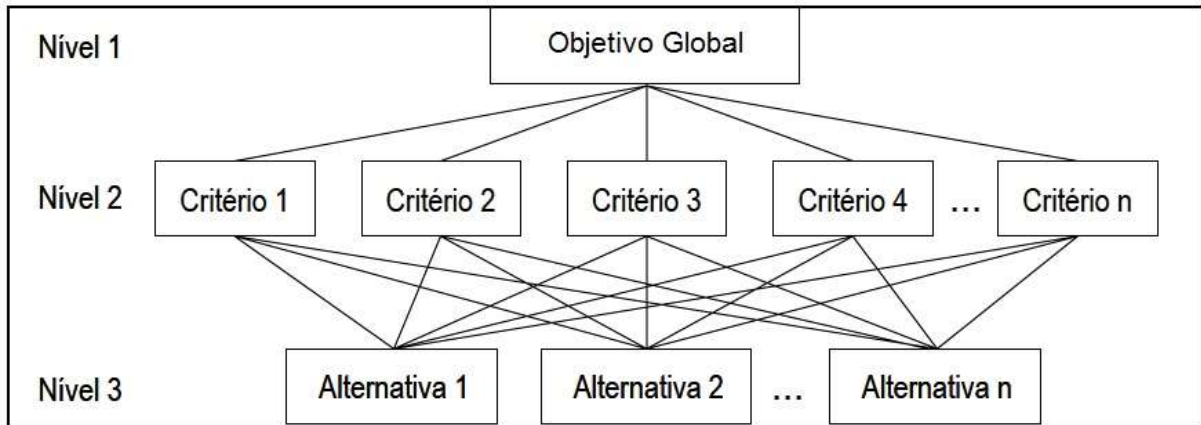


Figura 4 – Estrutura de hierarquias. *Adaptado de Saaty (1990).*

A seguir expõe-se a sistemática do método AHP, de acordo com o que propõe Saaty (1990) e Taha (2013). A estrutura geral do AHP pode incluir várias hierarquias de critérios. Suponha que estamos lidando com n critérios em uma dada hierarquia. Vamos construir a matriz de comparação \mathbf{A} , *par a par*, que quantifica o julgamento do tomador de decisões no que se refere à importância relativa dos diferentes critérios. A comparação *par a par* é feita de tal maneira que o critério na linha i ($i = 1, 2, \dots, n$) é classificado em relação a todos os outros critérios. Definindo o elemento (i, j) de \mathbf{A} como a_{ij} , o AHP usa a escala numérica (conforme Tabela 1) na qual, por exemplo, uma entrada $a_{ij} = 1$ significa que o critério i tem igual importância em relação ao critério j ; uma entrada $a_{ij} = 9$ indica que i é muito mais importante do que j ; a interpretação é análoga para os outros valores da escala.

A consistência no julgamento requer que $a_{ij} = p$ implique automaticamente em $a_{ji} = \frac{1}{p}$. Qualquer matriz de entradas positivas com essa propriedade é chamada de matriz recíproca. Além disso, \mathbf{A} é consistente quando a seguinte condição é satisfeita: $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$, para todo $i, j, k = 1, \dots, n$.

Ressalta-se também que a diagonal principal da matriz \mathbf{A} deve ter entradas iguais a 1, já que os elementos a_{ii} classificam um critério em relação a ele mesmo.

É importante salientar que não é comum que todas as matrizes de comparação sejam consistentes, dado que a base para construção dessas matrizes é o julgamento humano. Portanto, certo grau razoável de inconsistência é esperado e tolerado.

Para determinar se um nível de consistência é aceitável, precisou-se desenvolver um índice que quantifique o afastamento da condição de consistência de uma matriz de comparação \mathbf{A} . Isso será apresentado a seguir. Sabe-se que uma matriz consistente produz uma matriz normalizada (matriz de pesos) na qual todas as colunas são idênticas:

$$\mathbf{N} = \begin{bmatrix} w_1 & w_1 & \dots & w_1 \\ w_2 & w_2 & \dots & w_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n & w_n & \dots & w_n \end{bmatrix}$$

Na matriz \mathbf{N} cada elemento w_{ij} é obtido dividindo o respectivo elemento a_{ij} da matriz de comparação \mathbf{A} pela soma das entradas da sua coluna j .

Com a matriz normalizada, pode-se calcular a PML's (Prioridades Médias Locais) obtidas por meio do cálculo das médias de cada uma das linhas da matriz \mathbf{N} . Essas PML's representam a prioridade de cada critério dentro da estrutura hierárquica.

A matriz de comparação \mathbf{A} original pode ser então recuperada com base nas entradas da matriz \mathbf{N} , dividindo os elementos da coluna j por w_j , como representado abaixo:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Pela definição dada de \mathbf{A} , tem-se:

$$\begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Ao multiplicar a matriz \mathbf{A} pelo vetor dos pesos médios locais $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$, o resultado dessa multiplicação é $\mathbf{Aw} = n\mathbf{w}$, relação que na Álgebra Linear refere-se a seguinte definição: o vetor \mathbf{w} é o autovetor de \mathbf{A} e n é o autovalor associado ao vetor \mathbf{w} .

Cada linha da matriz \mathbf{A} é múltiplo constante da primeira linha $(1, \frac{w_1}{w_2}, \dots, \frac{w_1}{w_n})$, porquê ao considerar a linha i $(\frac{w_i}{w_1}, \frac{w_i}{w_2}, \dots, \frac{w_i}{w_{i-1}}, 1, \frac{w_i}{w_{i+1}}, \dots, \frac{w_i}{w_n})$ esta pode ser escrita como $w_i (\frac{1}{w_1}, \frac{1}{w_2}, \dots, \frac{1}{w_{i-1}}, \frac{1}{w_i}, \frac{1}{w_{i+1}}, \dots, \frac{1}{w_n})$ e multiplicando w_i por w_1/w_1 chega-se a $\frac{w_i}{w_1} (\frac{w_1}{w_1}, \frac{w_1}{w_2}, \dots, \frac{w_1}{w_{i-1}}, \frac{w_1}{w_i}, \frac{w_1}{w_{i+1}}, \dots, \frac{w_1}{w_n})$ um múltiplo da primeira linha de \mathbf{A} . Então o posto da matriz \mathbf{A} é 1. Assim, da Álgebra Linear, $n - 1$ autovalores são iguais a 0. A soma dos autovetores de uma matriz é igual ao seu traço, isto é, a soma dos elementos da diagonal principal. Neste caso, o traço da matriz \mathbf{A} é igual a n , e n é o maior autovalor ou principal de \mathbf{A} .

A solução de $\mathbf{A}\mathbf{w} = n\mathbf{w}$ é composta de entradas positivas e é único, exacto por uma constante multiplicativa. Para fazer o vetor \mathbf{w} único, se normalizam suas entradas dividindo-as pela soma dos elementos de \mathbf{w} .

Em um ambiente geral de tomada de decisão é difícil identificar com precisão os valores da razão w_i/w_j , assim faz-se apenas estimativas deles. Serão consideradas estimativas destes valores indicados por um especialista que pode cometer pequenos erros de julgamento. Sabe-se que uma pequena perturbação em torno de um simples autovalor, como temos em n quando \mathbf{A} é consistente, leva a um problema de autovalores da forma $\mathbf{A}\mathbf{w} = \lambda_{max}\mathbf{w}$ em que λ_{max} é o principal autovalor de \mathbf{A} , onde \mathbf{A} pode não ser mais consistente, mas ainda é recíproca. O problema agora é: até que ponto w reflete a real opinião do(s) especialista(s).

Observe que, obtém-se \mathbf{w} resolvendo este problema e, em seguida, formamos uma matriz com as entradas w_i/w_j , obtém-se, então, uma aproximação para \mathbf{A} por uma matriz consistente.

Um resultado interessante é que a inconsistência ao longo da matriz pode ser capturada por um único número $\lambda_{max} - n$ que mede o desvio do julgamentos da aproximação consistente.

Resulta, assim, dois teoremas importantes (SAATY e VARGAS, 1991):

Teorema 1: Seja $\mathbf{A}_{n \times n}$ uma matriz recíproca e de entradas reais positivas, \mathbf{A} possui um autovetor máximo $\lambda_{max} \geq n$.

Teorema 2: Seja $\mathbf{A}_{n \times n}$ uma matriz recíproca e de entradas reais positivas. A matriz será consistente se e somente se $\lambda_{max} = n$, isto é, $\mathbf{A}\mathbf{w} = n\mathbf{w}$.

No método AHP é necessário calcular a Razão de Consistência (RC), que diz respeito à avaliação da inconsistência da matriz de comparação. Como pode ser observado no Teorema 2, quanto mais próximo λ_{max} estiver de n , mais consistente será a matriz \mathbf{A} . A Razão de Consistência é calculada pela seguinte fórmula:

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

Em que, IC representa o Índice de Consistência dado por $IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$ e IR , Índice de Consistência Randômica, calculado por $IR = \frac{1,98(n-2)}{n}$ (TAHA, 2013). A Razão de Consistência será aceita se RC for menor ou igual a 0,1 ($RC \leq 0,10$).

Como afirma Kim, Jang e Lee (2013) o método AHP pode ser usado como uma importante ferramenta de tomada de decisão na gestão de REEE. Em seu trabalho foi utilizado

o AHP para identificar os EEE prioritários a serem potencialmente regulados através de políticas de gestão de REEE na Coréia. Tal identificação, baseia-se em critérios de avaliação que incluem alta taxa de geração de resíduos, baixo custo de reciclagem, disponibilidade de tecnologia, sistemas de coleta já estabelecidos, dentre outros. Foram coletados as opiniões de especialistas, universidades e setores da indústria do campo da gestão de REEE e da reciclagem. A aplicação dos critérios acima, utilizando o AHP, indicam que entre os 10 melhores produtos-alvo para reciclagem, os celulares aparecem no topo da lista.

Hernández et al. (2010) avaliam a utilização do AHP para mensurar a influência que as práticas da Logística Reversa têm em indicadores de desempenho corporativos, tais como financeiros, percepção dos clientes com respeito a imagem corporativa, processos internos, aprendizado e crescimento. A pesquisa conclui que o AHP mostra-se eficiente quando utilizado para avaliar a influência que da LR nos indicadores de desempenho.

A pesquisa de Ciocoiu e colaboradores (2011) utilizam o método AHP para avaliar a implementação de um sistema de gestão dos REEE. Os critérios analisados envolveram dimensões econômicas, políticas e de legislação; sociais; técnicas relacionadas a estrutura dos pontos de coleta; e aspectos ambientais. De acordo com a avaliação de pesquisadores, empresas e autoridades, identificou-se que aspectos ambientais e econômicos tem mais peso nas decisões relativas a gestão dos REEE.

Outros estudos têm utilizado o método AHP para a gestão ambiental. Em Hsu et al. (2008) utilizou o AHP para selecionar as empresas adequadas para a eliminação de resíduos hospitalares. Wang et al. (2009) utilizaram esse método para reduzir a complexidade dos sistemas de gestão de resíduos, buscando selecionar um aterro de resíduos sólidos apropriado.

Em Casas et al. (2015) foi utilizado o método AHP para selecionar um REEE a ser considerado para estruturação de uma cadeia de logística reversa na Colombia. Foram tomados em conta 10 eletrodomésticos, dentre eles celular e computador (*desktop* e portáteis), e selecionado um considerando critérios, tais como potencial de reúso e reciclagem, de contaminação, peso do REEE, dentre outros. Foi selecionada a Televisão para executar e estudar a configuração da cadeia de suprimentos reversa. Contudo, afirma-se a necessidade de implementar sistemas de coleta seletiva na Colômbia, visando a gestão adequada dos resíduos, por conta, principalmente, de existir na composição desses equipamentos materiais perigosos com elevado potencial de contaminação ao ambiente.

Além disso, ainda no trabalho de Casas et al. (2015), foram utilizados dois métodos de estimativa do potencial de resíduo gerado que consideram informações sobre as quantidades

armazenadas em cada domicílios, dados da produção e vendas em um determinado período, tempo de vida dos equipamentos e também o número de famílias de um país, número médio de EEE por família e a proporção de famílias que tem determinado EEE.

2.4 Modelos para Estimativa de Geração de REEE

As dificuldades inerentes à obtenção de dados sobre REEE e as possíveis maneiras de estimar sua geração, são temas de vários trabalhos encontrados na literatura. A complexidade de estimar de forma mais acurada a geração de lixo eletrônico se dá principalmente devido à falta de dados precisos, causada pela dinâmica do mercado e aspectos sócio-econômicos de cada região analisada. Essas dificuldades são contornadas com a utilização de modelos matemáticos adequados visando aumentar a qualidade dos dados e, conseqüentemente, melhorar a estimativa.

Os modelos para estimar a geração de resíduos de EEE diferenciam-se considerando a abordagem de produtos que pertencem a mercados não-maduros e maduros. Os mercados maduros são aqueles que estão aumentando quase à mesma medida que a população. As vendas são, basicamente, para a substituição de produtos depois do fim da sua vida útil, como é o caso de geladeiras, máquinas de lavar, televisores, aparelhos de som, dentre outros. Por outro lado, aparecem os produtos não-maduros que são aqueles onde a demanda está crescendo mais rápido do que a população ou aqueles que passam por aceleradas mudanças tecnológicas, tendo como resultado o encurtamento do tempo de vida desses produtos. Nesse caso as vendas são tanto para novos usuários, quanto para a substituição de produtos antigos (obsoletos tecnologicamente). É o caso de telefones móveis, computadores, etc. (ARAÚJO, et al., 2012).

Em particular, Araújo et al. (2012) frente a falta de infraestrutura no Brasil para tratar resíduos sólidos, propõe dois modelos para a estimativa de geração de REEE para os produtos de mercado maduros e não maduros. Os resultados mostraram a importância do dimensionamento acurado da variável tempo de vida do equipamento, o que requer um entendimento completo do comportamento do consumidor.

Wang e colaboradores (2013) apresentam em seu trabalho um método avançado, flexível e multivariado de análise de entrada e saída, chamado IOA – *Input-Output Analysis*. Tal método considera relações matemáticas (modelo) entre três variáveis: **informações de vendas de produtos**, **estoque** compreendidos como ambientes onde o produto permanece até o fim da sua **vida útil**. No caso desse trabalho entende-se por estoque o EEE em posse do

consumidor, estando em uso ou armazenado. A Figura 5 ilustra a relação entre esses dados e variáveis.

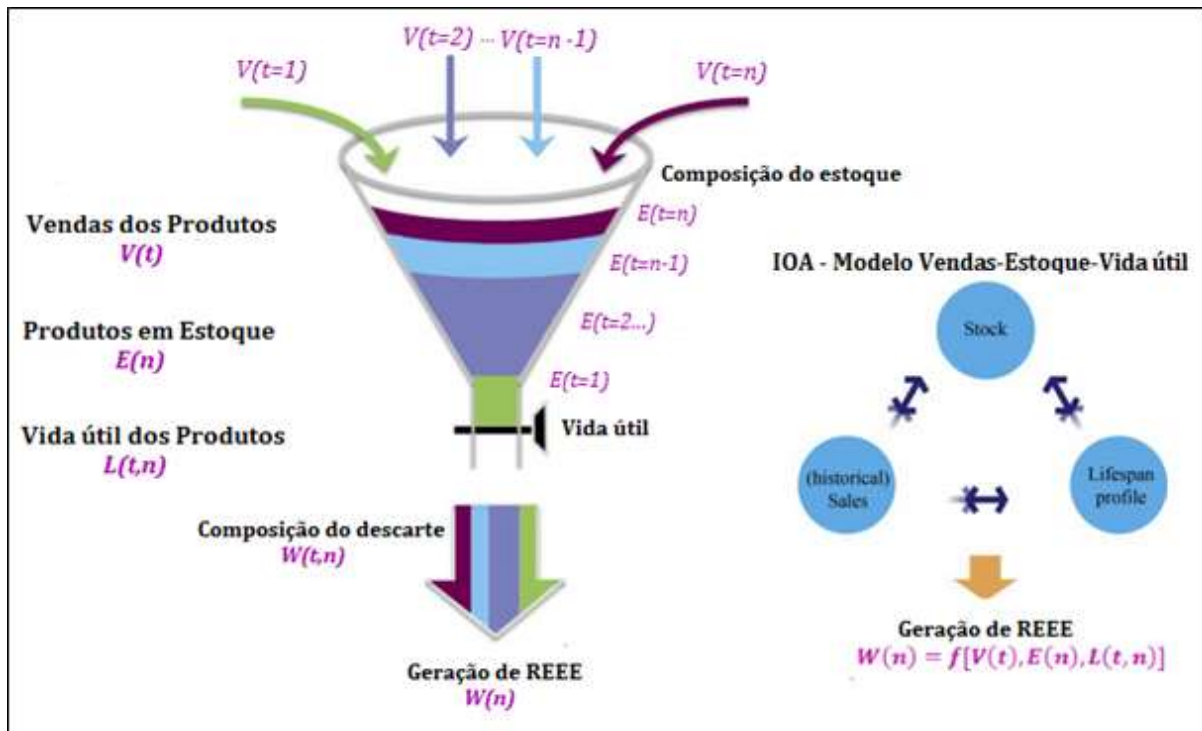


Figura 5 - Múltiplas variáveis e diferentes dados aplicadas no modelo que utiliza os indicadores Vendas - $V(t)$, Estoque - $E(n)$ e distribuição do tempo de Vida útil - $L^{(p)}(t, n)$. Adaptado de Wang et al. (2013).

A pesquisa Wang et al. (2013) ainda faz uma revisão de modelos que podem ser utilizados para estimar a geração de lixo eletrônico em dado período de tempo. Esses modelos apresentam variações de acordo com os dados disponíveis: volume de vendas, produtos em uso ou armazenados (em estoque) e tempo de vida útil e ainda tempo médio de vida útil. Estes autores também afirmam que na literatura existem uma série de métodos de avaliação utilizados para quantificar a geração de e-lixo (WALK, 2004; YU et al., 2010; CHUNG, 2009; ARAÚJO et al., 2012; LAU et al., 2013). Geralmente, esses métodos podem ser classificados em quatro grupos: análise relacionada a disposição (usa imagens de e-lixo obtidos a partir de canais de coleta, instalações de tratamento e locais de disposição); análise de séries temporais (projeções); modelos de fatores (usando fatores determinantes para a correlação) (HUISMAN, 2010) e Análise *Input-Output* - IOA (WALK, 2004; BEIGL et al., 2008; CHUNG, 2009).

O IOA é o método mais utilizado com múltiplas variações de modelo, que são aplicados para estimar a geração de lixo eletrônico em muitos estudos regionais e nacionais (ROBINSON, 2009; DWIVEDY E MITTAL, 2010; CHUNG et al., 2011; ARAÚJO et al.,

2012.; POLÁK E DRÁPALOVÁ, 2012). Este método avalia de forma quantitativa as fontes, caminhos e destino finais de fluxos de materiais.

Modelos IOA descrevem quantitativamente a dinâmica, magnitude e interligação de vendas de produtos, estoques e tempo de vida. Nas próximas seções apresenta-se variações do modelo IOA que considera as três variáveis: vendas, estoque e tempo de vida dos produtos.

2.4.1 Modelo *time step*

No modelo *time step* (ARAÚJO et al., 2012, WANG et al., 2013), a mudança de estoque dentro de um período de um sistema é igual à diferença entre o total das entradas e saídas. O método necessita de dois tipos de entrada de dados: vendas no ano de avaliação e informações de estoque para dois anos consecutivos. O modelo está representado pela equação:

$$W(n) = V(n) - [E(n) - E(n - 1)]$$

Onde:

$W(n)$ no ano n de avaliação expressa a geração de lixo eletrônico para um tipo de equipamento;

$V(n)$ representa a quantidade de vendas do equipamento no ano n ;

$E(n)$ e $E(n - 1)$ são as quantidades de aparelhos em estoque no ano n e $n - 1$, respectivamente.

2.4.2 Modelo de Suprimento de Mercado

No modelo de suprimento de mercado estima-se a geração de e-lixo pelas vendas de produtos em todos os anos históricos com sua respectiva taxa de obsolescência no ano de avaliação (OGUCHI et al, 2010; DWIVEDY E MITTAL, 2010; WANG et al.,2013).

$$W(n) = \sum_{t=t_0}^n V(t) \cdot L^{(p)}(t, n)$$

Onde $V(t)$ representa o histórico de vendas de um equipamento no ano t e t_0 o ano inicial em que o produto foi lançado no mercado. $L^{(p)}(t, n)$ representa a taxa de obsolescência probabilística para o lote de produtos vendidos no ano t , avaliados no ano n (equipamento fora de uso em porcentagem para o total vendas no ano t).

2.4.3 Modelo de Filtragem (*leaching*)

O "modelo de filtragem" calcula a geração de lixo eletrônico como uma porcentagem fixa do estoque total dividido pela média do tempo de vida do produto (CHUNG et al., 2009; ARAÚJO et al., 2012). Como proposto em Wang et al. (2013), temos:

$$W(n) = E(n)/L^{(av.)}$$

Em que:

$W(n)$ é a geração de lixo eletrônico na avaliação do ano n ;

$E(n)$ é a quantidade de produtos em estoque no ano n ;

$L^{(av.)}$ é o tempo médio de vida que representa o tempo mais provável do produto se tornar obsoleto.

Assume-se que esse modelo só pode ser utilizado para produtos com uma vida útil relativamente curta.

Em Rodrigues (2012) a estimativa de geração é feita utilizando um modelo semelhante que considera uma proporção entre a quantidade de equipamentos descartados, o número de domicílios da cidade estudada (São Paulo) e o tamanho da amostra considerada na pesquisa. O modelo proposto utiliza informação da quantidade de EEE descartada e é equacionado como:

$$Q = \frac{q \times D}{395}$$

Onde Q representa as unidades descartadas no município em estudo; q as unidades descartadas na amostra pesquisada; D o número de domicílios do município em estudo; e o valor 395 representou número de domicílios que formou o tamanho da amostra.

A abordagem comum é selecionar um método de estimativa correspondente com base de dados disponível e a utilização de apenas duas variáveis a partir dos três pilares. Como consequência, o resultado estimado é potencialmente muito sensível a qualidade dos dados, especialmente no caso de uma distribuição do tempo de vida assumido ou não validado (JAIN e SAREEN, 2006).

2.5 Comportamento dos Consumidores frente aos REEE

Pesquisas aparecem focadas em vários tópicos, tais como: o levantamento do *status* atual da Reciclagem dos REEE; estudo do fluxo de materiais, tecnologia de processamento e comportamento dos consumidores frente a reciclagem (BARR et al., 2005; DAVIS et al.,

2006; GONZÁLEZ-TOORE et al., 2003). Além disso, os métodos de pesquisa e áreas de foco para o comportamento dos consumidores quanto a reciclagem pode variar muito. O trabalho de Barr et al. (2001) aborda a perspectiva do comportamento do consumidor em relação a reutilização e redução do desperdício, usando uma combinação de observação e análise de regressão.

O trabalho de Rodrigues (2012) apresentou um estudo sobre o fluxo domiciliar de geração e destinação dos REEE no município de São Paulo-SP. Através de aplicação de questionários que buscaram caracterizar, quantificar e identificar comportamentos relativos a 26 tipos de EEE. A análise dos dados obtidos nessa pesquisa permitiu estimar o total de equipamentos em uso e fora de uso, além dos descartados nos domicílios, resultando um montante de 71,8 milhões de EEE. Nesse trabalho também verificou-se efetivamente que os REEE estão sendo descartados junto a resíduos sólidos comuns o que agrava aspectos como o destino inadequado a aterro sanitários, liberação de gás CFC, riscos ao solo, dentre outros.

Em Li et al. (2012) são investigados os comportamentos de reciclagem de consumidores em uma cidade de médio porte da China. Utilizando-se de questionários, buscou-se identificar métodos de consumo e os canais de reciclagem e descarte de EEE. Os resultados mostraram que os moradores sofrem influência do valor dos REEE – dinheiro que uma casa pode obter quando se vende REEE a um comerciante de sucata ou a uma empresa de tratamento qualificada –, cerca de 52% dos moradores vendem os REEE a sucateiros. Nessa pesquisa, mais da metade dos respondentes rejeitaram o custo de tratamento do lixo eletrônico doméstico, considerando duas estratégias: o custo de carregamento para o descarte do produto e a inclusão do custo de descarte no preço do novo produto. Destaca-se por fim que os telefones celulares foram encontrados como o de maior posse per-capita, chegando a 0,71 unidades por pessoa.

O trabalho de Ylä-mella, Keiski e Pongrácz (2015) examinou a consciência e percepção dos consumidores com relação à reciclagem e à reutilização de celulares, na cidade de Oulu, Finlândia. A pesquisa revelou que há consciência dos consumidores da importância de um sistema de recuperação de resíduos, contudo, tal consciência não se traduz para um comportamento de reciclagem. Como apontam, 55% dos entrevistados têm dois ou mais telefones móveis não utilizados nas suas casas.

Darby e Obara (2005) avaliam as atitudes dos consumidores em relação à eliminação dos REEE de pequenas dimensões, uma vez levantados problemas na aplicação da Diretiva 2002/96/UE, legislação da União Europeia (UE), a esses grupos de produtos. Como aponta

Polák e Drápalová (2012), na UE a legislação de promoção do recolhimento e reciclagem de REEE está em vigor desde o ano de 2003. No entanto, os atuais objetivos de recolhimento e reciclagem são considerados ineficazes quando se trata de REEE de pequenas dimensões, como o caso dos telefones celulares.

Em contraste com a maioria dos estudos, que se concentraram nas formas e sistemas de LR maduros em países desenvolvidos, como o caso da União Européia (UE), esse trabalho faz uma abordagem do potencial de geração de REEE e da perspectiva dos consumidores em relação a fatores facilitadores e obstáculos para o descarte correto dos REEE, numa cidade de médio porte do Brasil.

CAPÍTULO 3

3 METODOLOGIA

Para realização dessa pesquisa, foi utilizado o processo metodológico ilustrado na figura abaixo.

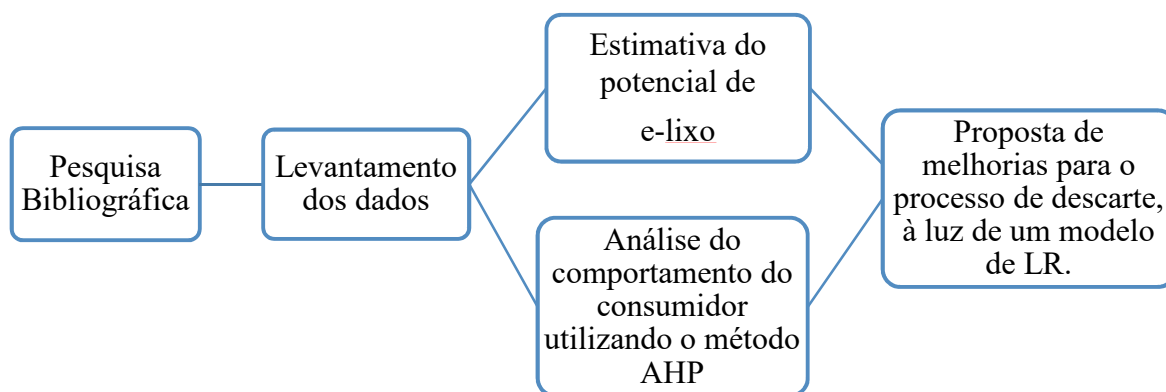


Figura 6 - Estrutura metodológica

3.1 Pesquisa Bibliográfica

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica na literatura disponível, com o intuito de obter embasamento teórico sobre a Cadeia de Suprimentos de Ciclo Fechado, a Logística Reversa, o método AHP e os modelos de estimativa de geração de REEE. Tal levantamento bibliográfico também foi importante para identificar outras pesquisas que fazem diferentes abordagens ao tema de estudo desse trabalho.

3.2 Coleta dos Dados

Para o levantamento dos dados necessários a essa pesquisa, levou-se em conta a dimensão do país e a natureza da pesquisa científica. Optou-se, então, por um recorte geográfico, tratando o caso do município de Campos dos Goytacazes/RJ, uma cidade com população estimada pelo IBGE (2016) de 487 mil habitantes, características culturais específicas e que convive com grande oferta e demanda dos bens de consumo eletroeletrônicos.

O instrumento desenvolvido para esse estudo foi baseado em um questionário (Anexo I) desenvolvido pelos autores de acordo com o objetivo da pesquisa. A definição dos critérios

que influenciam o descarte adequado foi espelhada no trabalho de Rodrigues (2012) e Cooper e Mayers (2000).

Esse questionário foi estruturado com questões que buscam, primeiramente, definir o perfil dos respondentes, incluindo informações sobre faixa etária, gênero, renda, bairro em que reside e a posição que ocupa na família (Chefe de família², esposo(a), filho(a) e outros).

Posteriormente, perguntou-se sobre a quantidade de equipamentos em uso e armazenados nos domicílios, além disso, o tempo de aquisição e marca do fabricante. Também foi identificado o motivo da compra e solicitou-se escolher uma opção entre possibilidades de descarte (por exemplo, “Jogar no lixo comum”). Por fim, foi avaliado o comportamento do consumidor no momento do descarte, considerando o nível de importância atribuído por ele aos critérios elencados nessa pesquisa.

Neste questionário foram investigados os equipamentos listados no Quadro 2, que pertencem a categoria Equipamentos da Tecnologia da Informação e Telecomunicações, especificada na Diretiva 2012/19/EU (Apêndice A).

Quadro 2 - Tipos de EEE investigados

EQUIPAMENTOS	
Celulares	
Computadores	<i>Desktops</i>
	<i>Notebook</i>
	<i>Netbook</i>
<i>Tablets</i>	

3.2.1 Seleção da Amostra

A população considerada nesse estudo foi a estimada pelo IBGE (2016) de 487.186 mil habitantes, distribuídos administrativamente em 16 distritos (PMCG, 2016).

A pesquisa foi realizada na zona urbana do município, que compreende 4 grandes sub-regiões, onde se concentra a maior parte de indivíduos que utilizam com maior frequência os equipamentos eletrônicos aqui investigados. A amostra foi estimada seguindo a fórmula básica para esse cálculo considerando, em termos estatísticos, uma população infinita (superior a 100 mil habitantes), conforme apresentado em Gil (2008, p. 96 e 97):

² Pessoa responsável pela família ou que assim fosse considerada pelos demais membros. (RODRIGUES, 2012).

$$n = \frac{\sigma^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$

Onde: n = tamanho da amostra;

σ^2 = nível de confiança escolhido, expresso em número de desvios padrão;

p = porcentagem com a qual o fenômeno se verifica;

q = porcentagem complementar ($1 - p$);

e^2 = erro máximo permitido.

Considerando que vários fenômenos serão investigados nesse estudo, optou-se por utilizar o valor de 50% para porcentagem p (GIL, 2008), que, para uma dada precisão fornece o maior tamanho da amostra. O erro máximo admitido para esse estudo foi de 5% e o nível de confiança de 95%, correspondente a $\sigma = 1,96$. Dessa forma, obteve-se o valor da amostra:

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,05^2} = 384$$

A pesquisa de campo foi realizada de forma presencial, entrevistando funcionários de instituições de ensino (públicas e particulares) e abordando transeuntes no centro da cidade. Também foram aplicados questionários *online* através de link disponibilizado por e-mail e em grupos fechados nas redes sociais.

3.2.2 Tabulação dos Dados

Os dados levantados durante a aplicação dos questionários foram tabulados utilizando o *software Microsoft Excel*©. Tal pacote computacional foi suficiente para o tratamento dos dados, utilizando por exemplo ferramentas como média geométrica, contagem de células, dentre outras.

Em posse dos dados tratados, foi possível obter as informações necessárias para estimativa do potencial de geração e análise do comportamento do consumidor através da aplicação da versão adaptada do método AHP, conforme será descrito nas próximas seções.

3.3 Estimativa do Potencial de Geração

Por se tratar de resíduo sobre os quais ainda não há, no Brasil, informações necessárias para tomada de decisão quanto ao gerenciamento dessa cadeia reversa (Seção 2.1), o ato de conhecer, descrever ou caracterizar sua geração necessita de informações adicionais que antecedem sua fase de destinação. Além do que é efetivamente gerado atualmente, em termos de quantidade e tipo de EEE, é preciso estimar com acuracidade o potencial de geração futura,

pois de acordo com a literatura, esse tipo de resíduo passa pelo fenômeno de armazenagem que diz respeito à pré-disposição do consumidor têm em guardar os EEE's, mesmo quando considerados obsoletos, por diversas razões, dentre elas a falta de alternativas viáveis para destinação adequada (RODRIGUES, 2012).

Tal fenômeno varia de acordo com aspectos socioeconômicos e culturais que podem ser percebidos na população aqui em estudo. Assim, foram investigados, para a estimativa do potencial de geração de lixo eletrônico, as quantidades de EEE em uso e armazenados nos domicílios.

As informações sobre o volume de vendas não estão disponíveis para a Cidade avaliada nesse trabalho, principalmente no que se refere a produtos do mercado cinza³ ou mercado paralelo, que possuem representatividade quando considera-se as vendas no mercado de eletrônicos.

Dessa forma, propõe-se um modelo inspirando-se no modelo de Filtragem e no modelo proposto por Rodrigues (2012), formulado como segue:

$$W(n) = \frac{E(n) \times P}{z}$$

Em que $W(n)$ representa a geração de lixo eletrônico no ano n ; $E(n)$ é a quantidade média de produtos em estoque (em uso e/ou armazenado) no ano n ; P representa a população do município em estudo e z o tamanho da amostra utilizada.

Para estimar o volume de REEE também foram levantadas informações sobre o peso médio dos equipamentos, baseando-se no trabalho de Oguchi et al. (2010) e análise da ficha técnica dos produtos disponível em *sites* de venda eletrônica, considerando-se diferentes marcas e modelos.

3.4 Análise do Comportamento do Consumidor

Considerando participação do consumidor como elo importante dentro de uma cadeia reversa e visando apoiar as decisões inerentes a implantação de um sistema de Logística Reversa, foi analisado o comportamento do consumidor através do método AHP (seção 2.3) para identificar e hierarquizar os critérios e considerações mais relevantes no momento do descarte de cada um dos equipamentos considerados nessa pesquisa (celulares, computadores e *tablets*). A Figura abaixo ilustra a estrutura da hierarquia proposta para o caso.

³ São produtos sem procedência conhecida e sem conhecimento da tecnologia utilizada, como caso de celulares comercializados sem certificação da Agencia Nacional de Telecomunicações – ANATEL. (ABINEE, 2015).

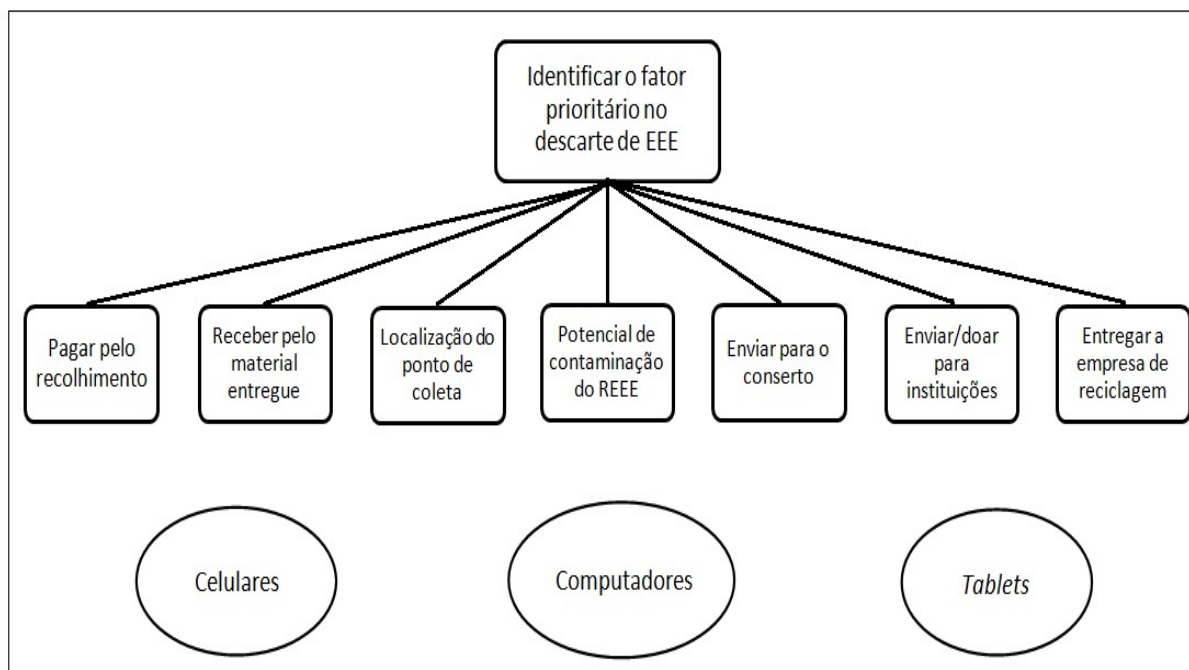


Figura 7 – Hierarquia do problema

Utilizando o questionário (Anexo I), foi identificado o grau de importância, atribuído por cada consumidor, a cada um dos critérios analisados para cada tipo de EEE. Foi utilizada uma escala de importância de 5 pontos equivalente as intensidades de importância 1, 3, 5, 7 e 9 (apresentadas na Tabela 1) que, posteriormente, será convertida para escala de Saaty, utilizando a tabela abaixo, com amplitude de intervalo de classe $h = 0,45$.

Tabela 2 – Tabela de Conversão para escala de Saaty.

Escala de conversão para Saaty	
Escala Proposta	Escala de Saaty
0 – 0,45	1
0,45 – 0,90	2
0,90 – 1,35	3
1,35 – 1,80	4
1,80 – 2,25	5
2,25 – 2,70	6
2,70 – 3,15	7
3,15 – 3,60	8
3,60 – 4,05	9

Os detalhes dessa conversão e aplicação da versão adaptada do método AHP podem ser acompanhadas no próximo capítulo, resultados e discussões.

CAPÍTULO 4

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dessa pesquisa foram obtidos através da aplicação dos questionários no período de julho a dezembro de 2016. Dos questionários válidos, 14% representam os aplicados *online*.

A partir da tabulação dos dados, foi possível construir a tabela 3 que mostra as características dos respondentes.

Tabela 3 – Características gerais dos respondentes

Escolaridade		Faixa Etária		Gênero
Não Lê ou escreve	0,6%	15 a 25 anos:	55,9%	Masculino: 42,8%
Ensino Básico	11,8%	26 a 35 anos:	24,8%	Feminino: 57,2%
Ensino Médio	37,6%	36 a 45 anos:	13,3%	
Superior	37,3%	46 a 55 anos:	5,4%	
Pós graduação	12,7%	Acima de 56 anos:	0,6%	

Como pode ser observado a maioria dos entrevistados tem idade entre 15 e 25 anos (55,9%) e verifica-se que o nível de escolaridade Ensino Médio e Superior são os mais frequentes, 37,6% e 37,3%, respectivamente.

Quando perguntados sobre o meio de compra dos equipamentos aqui investigados (celular, computador e *tablet*), 53,5% afirmaram ter adquirido seus equipamentos em loja física, 24,4% compraram pela internet e 22,1% compraram tanto em loja física quanto pela internet. Esses dados foram obtidos considerando o total de entrevistados que responderam essa pergunta (n=271). O levantamento dessa informação torna-se relevante quando deseja-se conhecer o volume de vendas desses produtos, variável que tem forte ligação com a acuracidade de um modelo de estimativa de geração de REEE.

Foi investigada a opção que o consumidor considera no momento em que os EEE aqui considerados estão fora de uso. Os gráficos abaixo apresentam os resultados. Neles pode identificar o número *n* de respostas validadas para esse questionamento. No caso do *tablet* o baixo número de respostas pode ser justificado por muitos respondentes não possuírem esse equipamento e, portanto, não se sentiam em condições de avaliá-lo.

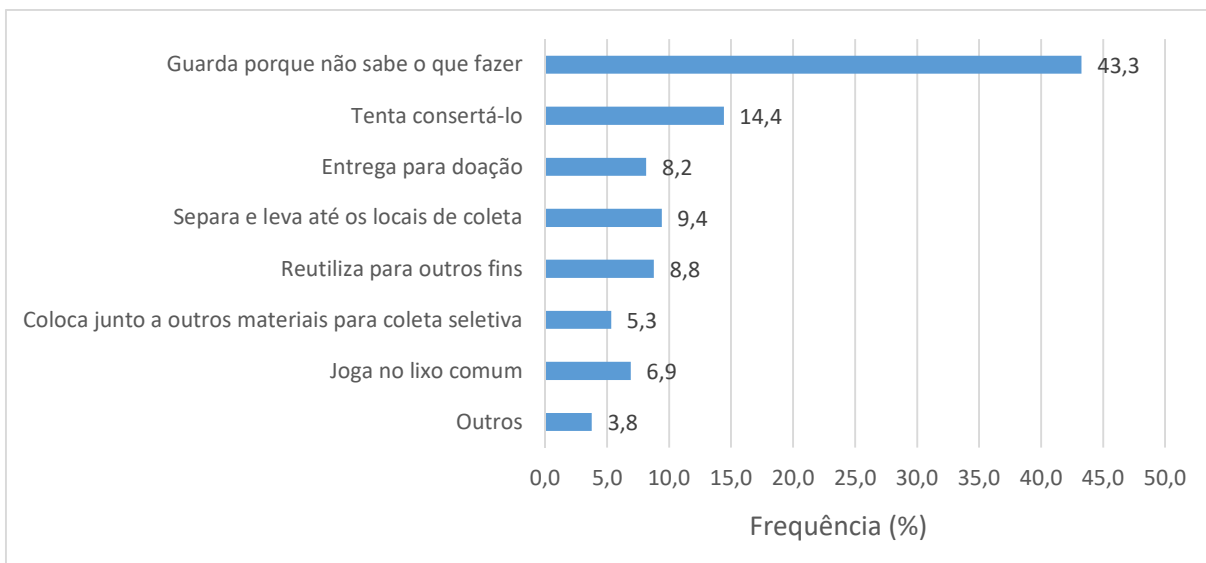


Figura 8 – Gráfico das opções consideradas para celulares fora de uso. ($n = 319$)

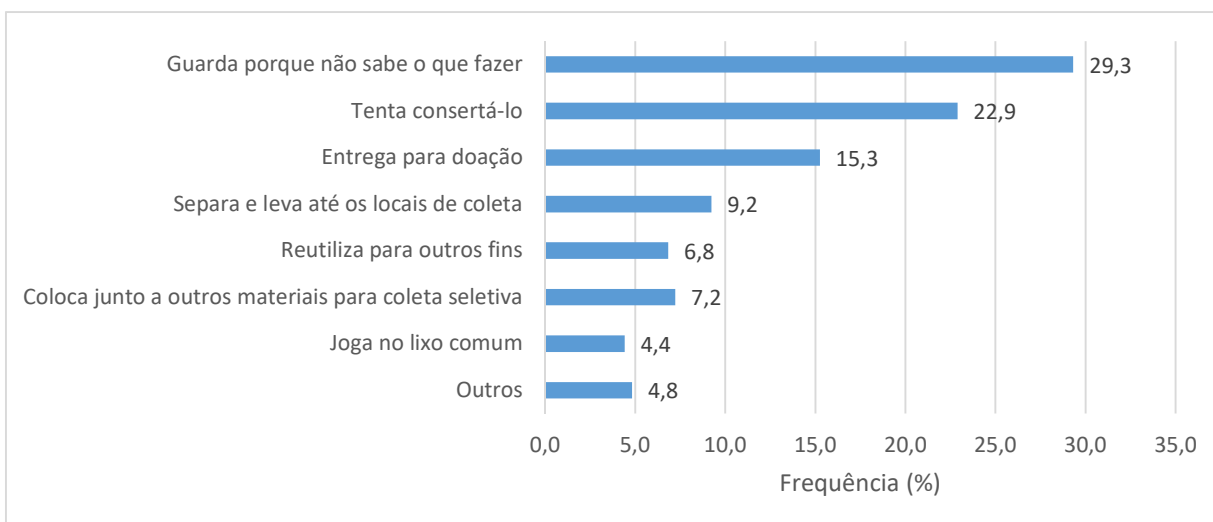


Figura 9 - Gráfico das opções consideradas para computadores fora de uso. ($n = 249$)

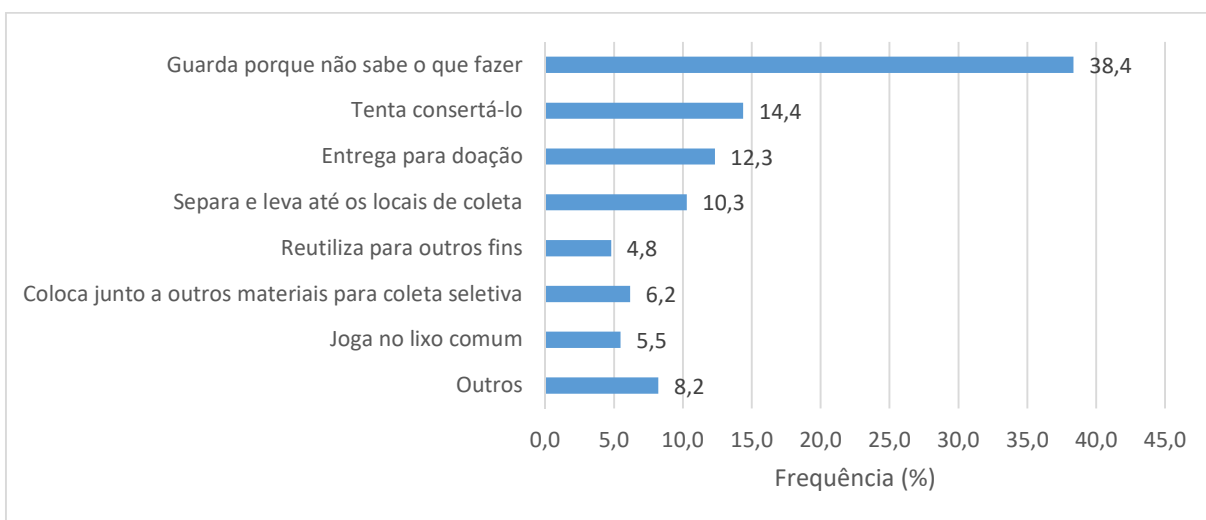


Figura 10 - Gráfico das opções consideradas para *tablets* fora de uso. ($n = 146$)

Como pode ser observado, a opção mais considerada pelos consumidores, para os três produtos, é a de guardar o equipamento por não saber o que fazer (43,3% para celulares; 29,3% para computadores; e 38,4% para *tablets*). Tal constatação demonstra a predisposição dos consumidores em manter armazenados tais equipamentos, por razões diversas e particulares como, por exemplo, apego ao bem que teve alto custo de aquisição. Assim, para uma estimativa precisa da geração de REEE, reforça-se a importância da investigação da variável estoque, definida como a soma dos equipamentos em uso e armazenados pelos consumidores.

Dos entrevistados que escolheram a opção “Outros” a maioria sinaliza que tem intenção de vender os EEE quando estão fora de uso. Contudo, quando questionados sobre a possibilidade de coleta ou entrega gratuita em locais específicos daqueles equipamentos fora de uso, 96,9% dos respondentes tem intenção de entregar seu equipamento.

Outro resultado importante é que apenas 17,4% dos respondentes já ouviram sobre coleta de lixo eletrônico na cidade de Campos-RJ.

4.1 Modelo de Estimativa de Geração de REEE

Para estimar o volume de REEE que pode ser gerado a partir dos equipamentos em posse dos consumidores no ano de 2016 foi utilizado o modelo proposto nesse trabalho que utiliza estoque total e considera 328 questionários válidos. A tabela a seguir apresenta tais estimativas. Foi considerada a população do município $P = 487.186$ habitantes. A geração de REEE dada em kg/ano foi calculada por $REEE\ estimado \times Peso\ Médio$.

Tabela 4 – Estimativa da geração dos REEE, município de Campos-RJ

Equipamentos	Quantidade média/hab.	REEE estimados (und./ano)	Peso Médio (kg/und.)	REEE estimados (kg/ano)	Geração de REEE per capita (kg/hab.)
Celulares	1,8	2.674	0,1	267	0,18
<i>Desktops</i>	0,5	743	15,0	11.145	7,50
Computador <i>Notebook</i>	0,9	1.337	2,6	3.476	2,34
<i>Netbook</i>	0,1	149	1,3	193	0,13
<i>Tablets</i>	0,4	594	0,3	178	0,12
TOTAL		5.497		15.259	10,27

Como pode ser observado, o total de REEE estimado é 5.497 com peso total de 15.259 kg. A geração de REEE *per capita* foi estimada por $Quantidade\ média \times Peso\ Médio$,

totalizando 10,27 kg/habitante. Segundo a UNU (2015) é esperado para o Brasil uma geração de 8,3 kg/habitante em 2018, tal estimativa considerou informações de vendas e distribuição do tempo de vida e tomou em conta outros tipos de EEE, tais como televisores, refrigeradores, etc.

Além disso, também foi calculada a média *per capita* dos equipamentos fora de uso, ou seja, armazenados nos domicílios dos consumidores. Como resultado para celulares a média foi de 0,6 celulares/hab.; 0,1 *desktops*/hab.; 0,2 *notebooks*/hab.; 0,04 *netbooks*/hab.; e 0,08 *tablets*/hab.

A quantidade média de 0,1 *netbooks* por habitante pode ser explicada pelo encerramento da produção desse equipamento, como apontando pela IHS iSupply (2013) os *netbooks* tiveram uma redução de 72% em seu volume de vendas no ano de 2013 e nesse mesmo ano as fabricantes Asus© e Acer© anunciaram o encerramento da produção desses itens.

Para os celulares, dados da ANATEL (2017) apontam no estado do Rio de Janeiro uma densidade de celulares, por 100 habitantes, de 132,53 ou 1,32 celulares/habitante. Para a cidade de Campos a média encontrada é de 1,8 celulares/habitante.

4.2 Análise do Comportamento do Consumidor

Buscou-se conhecer como os consumidores avaliaram critérios e considerações mais relevantes no momento do descarte de cada um dos equipamentos aqui considerados (celulares, computadores e *tablets*), como hierarquizado na Figura 7 da seção 3.4.

A partir dos dados fornecidos pelos respondentes com respeito ao grau de importância de cada um dos 7 critérios aqui considerados (Quadro 3), foi calculada a média geométrica para cada um dos critérios e para cada um dos EEE considerados, conforme mostra a tabela 5 abaixo.

Quadro 3 – Critérios considerados

Legenda	Critérios
C1	<i>Localização do ponto de coleta</i>
C2	<i>Receber pelo recolhimento ou desconto na compra de um equipamento novo</i>
C3	<i>Pagar uma taxa para o recolhimento</i>
C4	<i>Reaproveitamento através do conserto</i>
C5	<i>Potencial de Contaminação</i>
C6	<i>Entregar para empresas de reciclagem</i>
C7	<i>Enviar/Doar para Cooperativas de catadores ou instituições que façam reuso</i>

Tabela 5 – Grau de importância para os critérios

Critérios		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Média Geométrica	Celular	4,45	3,42	1,56	3,87	4,33	4,27	4,33
	Computador	4,41	3,23	1,67	3,89	4,41	4,30	4,27
	Tablet	4,29	3,09	1,61	3,76	4,45	4,26	4,22

A partir dessas médias foi possível obter uma matriz de julgamento paritário fazendo a subtração das médias de um critério i com um critério j para $i, j = 1, 2, \dots, 7$ construindo uma matriz de comparação, seguindo-se: $a_{ij} = \bar{c}_i - \bar{c}_j$, onde \bar{c}_i é a média do critério i e \bar{c}_j é a média do critério j . Dessa forma, obtém-se $S(\bar{c}_i - \bar{c}_j)$ ou $S(a_{ij})$ definido como o julgamento convertido para escala Saaty para cada a_{ij} , segundo a Tabela 2 de conversão, proposta na seção 3.4.

Assim,

$$a_{ij} = \begin{cases} S(\bar{c}_i - \bar{c}_j), & \text{se } \bar{c}_i \geq \bar{c}_j \\ \frac{1}{S(\bar{c}_j - \bar{c}_i)}, & \text{se } \bar{c}_i < \bar{c}_j \end{cases}$$

Por exemplo, o elemento $a_{12} = \bar{c}_1 - \bar{c}_2 = 4,45 - 3,42 = 1,03$ convertido para $S(a_{12}) = 3$ utilizando a Tabela 2 de conversão. As matrizes de comparação apresentadas nas tabelas a seguir foram construídas sobre essa lógica de cálculo.

Tabela 6 – Matriz de Comparação para Celular

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	3	7	2	1	1	1
C2	1/3	1	5	1/2	1/3	1/2	1/3
C3	1/7	1/5	1	1/6	1/7	1/7	1/7
C4	1/2	2	6	1	1/2	1	1/2
C5	1	3	7	2	1	1	1
C6	1	2	7	1	1	1	1
C7	1	3	7	2	1	1	1

Tabela 7 - Matriz de Comparação para Computador

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	3	7	2	1	1	1
C2	1/3	1	4	1/2	1/3	1/3	1/3
C3	1/7	1/4	1	1/5	1/7	1/6	1/6
C4	1/2	2	5	1	1/2	1	1
C5	1	3	7	2	1	1	1
C6	1	3	6	1	1	1	1
C7	1	3	6	1	1	1	1

Tabela 8 - Matriz de Comparação para Tablet

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	3	6	2	1	1	1
C2	1/3	1	4	1/2	1/4	1/3	1/3
C3	1/6	1/4	1	1/5	1/7	1/6	1/6
C4	1/2	2	5	1	1/2	1/2	1/2
C5	1	4	7	2	1	1	1
C6	1	3	6	2	1	1	1
C7	1	3	6	2	1	1	1

Com as matrizes de comparação foi possível obter as matrizes normalizadas, conforme descrito na seção 2.3. A partir dessas matrizes é possível encontrar as Prioridades Média Locais – PML e hierarquizar os critérios, conforme pode ser observado no gráfico da figura 11 a seguir.

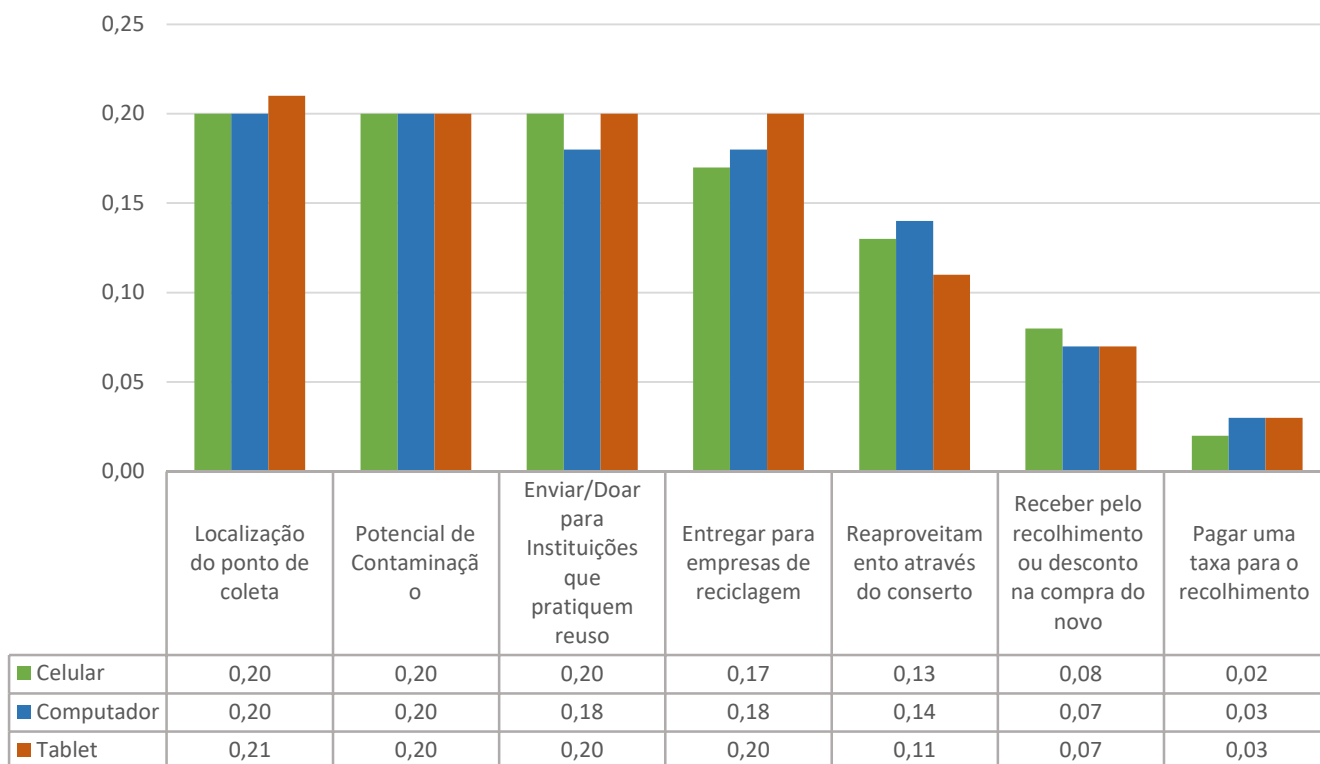


Figura 11 – Gráfico dos critérios x PML's

Como pode ser observado, quando consideramos um critério e suas PML's para cada EEE, os valores estão bem próximos. Esse fato foi identificado durante a aplicação dos questionários através de relatos dos entrevistados sobre perceberem o mesmo grau de importância para os três EEE quando avaliavam cada um dos critérios.

Os critérios Localização do Ponto de Coleta, Potencial de contaminação do EEE e o Envio ou doação a instituições, todos com $PML = 0,20$, aparecem como prioritários quando necessita-se descartar celulares.

Para os computadores, os critérios prioritários são Localização do ponto de coleta e Potencial de contaminação, ambos com $PML = 0,20$. Já para os *tablets* a Localização do ponto de coleta é critério prioritário com $PML = 0,21$.

Como previsto pelo método AHP, é necessário o cálculo da razão de consistência para cada matriz de comparação, conforme a tabela a seguir:

Tabela 9 – Cálculo da Razão de Consistência (RC)

Matriz de Comparação para:	<i>IC</i>	<i>IR</i>	<i>RC</i>
Celular	0,018	1,414	0,013
Computador	0,015	1,414	0,011
<i>Tablet</i>	0,013	1,414	0,009

A Razão de Consistência para as três matrizes foi menor que 0,10, o que demonstra consistência nos julgamentos.

5 CONCLUSÕES

Essa pesquisa buscou levantar informações relevantes sobre o fluxo domiciliar de REEE, tomando em conta que o consumidor é um elo importante dentro da cadeia reversa. Estudos com consumidores apontam que grande parte deles está preocupada com o descarte correto dos EEE, mas poucos sabem o que fazer com esse material, seja por falta de informação ou pela ausência de locais apropriados para o descarte, como acontece para o município em estudo e em grande parte das cidades brasileiras.

Como apontado, os consumidores aqui entrevistados tendem a guardar os EEE por não saberem o que fazer com os mesmos quando entram em desuso e 96,9% desses entrevistados tem intenção de entregar seu equipamento, reforçando a necessidade de locais de coleta para os REEE que garantam, inclusive, o escoamento do material recebido, completando as atividades de um sistema de Logística Reversa eficiente.

Atualmente no município de Campos existem alguns locais que recebem REEE como celulares e computadores, localizados em dois *shoppings* e apoiados por empresas privadas, uma que comercializa esses equipamentos e outra que realiza atividades de triagem dos REEE para facilitar seu escoamento.

O potencial de geração de REEE no município, no ano de 2016, foi estimado em volume total de 15.259 kg de REEE (celulares, computadores e *tablets*). Além disso, pode-se inferir uma geração de 10,27 kg/habitante, para os equipamentos aqui considerados. Tal volume parece não viabilizar uma indústria de reciclagem na região.

Dessa forma, visando apoiar um sistema de LR participativo recomenda-se a coleta dos EEE em campanhas periódicas, realizadas em locais de fácil acesso e potencialmente divulgadas. A periodicidade é importante, pois como esse resíduo tem geração difusa é essencial para o consumidor saber o momento em que poderá descartar seus EEE. Tais intervenções devem ser fortemente apoiadas pelo poder público, assegurando escoamento do material recolhido para empresas, localizadas no Brasil, que fazem o tratamento de REEE.

Nessa pesquisa também foi analisado o comportamento do consumidor no momento do descarte, buscando conhecer suas prioridades e apoiar as decisões que envolvem um sistema de logística reversa para REEE. Identificou-se que na percepção do consumidor o local de coleta dos EEE é um critério importante no descarte desse tipo de resíduo.

O processo de Logística Reversa aparece como uma solução para o problema do descarte de EEE, tendo em vista que esse processo consegue retornar para a cadeia produtiva alguns materiais e componentes, incluindo metais pesados, e, ainda, oferece opção de descarte

correto aos itens não remanufaturados. Para o funcionamento eficiente desse processo, destaca-se a importância da participação do consumidor que estão em posse dos EEE e quando conscientizados podem descartá-los de maneira adequada.

Vale destacar os benefícios ambientais do descarte adequado dos REEE que compreendem manter livres de contaminação por metais pesados as águas subterrâneas, garantindo inclusive qualidade do solo para agricultura.

Com os resultados aqui encontrados, espera-se contribuir para a gestão dos REEE no município em estudo. Como apontado, em Campos-RJ existe potencial de geração desse tipo de resíduo e, além disso, disposição dos consumidores em entregar seus EEE quando existe opção adequada para o descarte dos mesmos.

Existem dificuldades relacionadas a quantificação precisa da geração de REEE, devido, além de outros fatores, as incertezas associadas as variáveis de um modelo. No caso desse trabalho, as informações sobre as vendas não estão disponíveis para a cidade avaliada. No entanto, os resultados encontrados com o modelo proposto demonstram a possibilidade de realizar estimativas mesmo quando não há total disponibilidade de informações. Existe, contudo, oportunidades para pesquisas futuras na direção de buscar novas rodadas para o modelo proposto (utilizando dados de outras regiões, por exemplo), bem como seu aperfeiçoamento com a inclusão de novas variáveis e parâmetros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABID. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica.** Brasília: Inventta, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELETRICA E ELETRONICA - ABINEE. **Logística reversa: Acordo mais próximo.** 2015. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/noticias/com446.htm>>. Acesso em: 26 dez. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES - ANATEL. **Telefonia Móvel - Acessos.** 2017. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/dados/destaque-1/283-movel-acessos-maio>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

ARAÚJO, M. G., MAGRINI, A., MAHLER, C. F., BILITEWSKI, B.. *A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil.* **Waste Management**, v. 32, p. 335-342, 2012.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA O REGISTRO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS - ANREEE. **Dados de Mercado: Equipamentos Elétricos e Eletrônicos.** Brasil, 2014. Disponível em: <https://www.anreee.pt/noticias/ficheiros/pt/20150514172119-101794521dados_de_mercado_2014v2_3.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2016.

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial.** São Paulo, Atlas, 1995.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial.** 4ª ed. Porto Alegre, Bookman, 2001.

BARR S.; GILG A.; FORD N. *Defining the multi-dimensional aspects of household waste management: A study of reported behavior in Devon.* **Resources, Conservation and Recycling**, v. 45, pp. 172–192, 2005.

BARR S.; GILG A.; FORD N. *Differences between household waste reduction, reuse and recycling behavior. A study of reported behaviors, intentions and explanatory variables.* **Environmental & Waste Management**, v. 4, p. 1–14, 2001.

BEAMON, B. M. *Designing the Green Supply Chain.* **Logistics Information Management**, USA, v. 12, n. 4, p.332-342, 1999.

BEIGL, P.; LEBERSORGER, S.; SALHOFER, S. *Modelling municipal solid waste generation: a review.* **Waste Management**, v. 28, p. 200-214, 2008.

CARVALHO, A. I. S.; CANÇADO, C. J.; SANTOS, O. M.; ZACARIAS, R. F. *Gestão de Resíduos Sólidos de Microcomputadores no município de Contagem/MG: Uma análise dos atores envolvidos.* **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GEAS.** São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-18, jan-jun. 2012.

CASAS, J. de J.; CERÓN, K.; VIDAL, C. J.; PEÑA, C. C.; OSORIO, J. C. *Multi-criteria prioritization for waste electrical and electronic equipment.* **Ingeniería y Desarrollo**, v. 33, n. 2, p.172-197, Universidad del Norte, Colombia, 2015.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation.** Prentice Hall, 2001.

CHUNG, S., LAU, K., ZHANG, C.. *Generation and control measures for e-waste in Hong Kong*. **Waste Management**, v. 31, p.544–554, 2009.

CIOCOIU, C. N.; COLESCA, S. E.; BURCEA, S. *An AHP approach to evaluate the implementation of WEEE management systems*. **Recent Researches In Environment: Energy Planning and Pollution**, 2011.

COSTA, H. G. **Introdução ao Método de Análise Hierárquica – Análise Multicritério no Auxílio à Decisão**. Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF, Niterói, 2002.

COX, J.; GRIFFITH, S.; GIORGI, S.; KING, G. *Consumer understanding of product lifetimes*. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 79, p. 21–29, 2013.

COOPER T.; MAYERS, K. Prospects for household appliances, E-SCOPE Survey. **Centre for Sustainable Consumption**. Sheffield Hallam University, 2000.

DARBY L.; OBARA L. *Household recycling behavior and attitudes towards the disposal of small electrical and electronic equipment*. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 44, p. 17–35, 2005.

DAVIS G.; PHILIPS S. P.; READ A. D.; LIDA Y. *Demonstrating the need for the development of internal research capacity: Understanding recycling participation using the Theory of Planned Behavior in West Oxfordshire, UK*. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 46, p. 115–127, 2006.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. Logística Reversa de REEE em Países em Desenvolvimento: Desafios e Perspectivas para o Modelo Brasileiro. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 2, p.119-138, 2016.

DIAS, J. O. **Gestão de resíduos do processo produtivo da construção civil no município de campos dos goytacazes - rj**: um estudo sobre as ações desenvolvidas na atualidade. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, UENF, Campos dos Goytacazes, 2015.

DWIVEDY, M.; MITTAL, R. K. *Estimation of future outflows of e-waste in India*. **Waste Management**, v. 30, p. 483–491, 2010.

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)**. 2012. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012L0019>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

FIGUEIRÓ, P. S. **A Logística Reversa de Pós-consumo vista sob duas perspectivas na cadeia de suprimentos**. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FLEISCHMANN, M., BLOEMHOF-RUWAARD, J. M., DEKKER, R. *Quantitative models for reverse logistics*. **European Journal of Operational Research**, v. 103, p. 1-17, 1997.

FRANÇA, F. C. C. **Contribuições para o Diagnóstico sobre o e-Lixo nas Instituições de Ensino Superior Instaladas na Cidade de Campos dos Goytacazes**: Um Estudo de Caso. 2011. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, Campos dos Goytacazes-RJ, 2011.

GIL, A. C. **Método e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONZÁLEZ-TOORE P. L.; ADENSO-DÍAZ B.; RUIZ-TORRES A. *Comparative factors regarding recycling collection systems in regions of the USA and Europe*. **Journal of Environmental Management**, v. 69, p.129–138, 2003.

HERNANDEZ, C.T.; MARINS, F.A.S, ROCHA, P.; DURAN, J.A.R. *Using AHP and ANP to Evaluate the Relation between Reverse Logistics and Corporate Performance in Brazilian Industry*. **Brazilian Journal Of Operations & Production Management**, v. 7, n. 2, p.47-62, 2010.

HSU, P. F.; WU, C. R.; LI, Y.T. *Selection of infectious medical waste disposal firms by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis*. **Waste Management**, v. 28, pp. 1386-1394, 2008.

HUISMAN, J. *WEEE recast: from 4kg to 65%: the compliance consequences*. **United Nations University**, Bonn, Germany. 2010.

IHS ISUPPLY. **Netbooks to Bow Out of PC Market Completely by 2015**. 2013. Disponível em: <<https://technology.ihs.com/433025/netbooks-to-bow-out-of-pc-market-completely-by-2015>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330100&search=rio-de-janeiro|campos-dos-goytacazes|infograficos:-informacoes completas>>. Acesso em 20 de Dezembro de 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS (INPEV). *Logística Reversa*. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.inpev.org.br/logistica-reversa/logistica-reversa-das-embalagens>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

JAIN, A.; SAREEN, R. *E-waste assessment methodology and validation in India*. **Journal Of Material Cycles And Waste Management**, v. 8, n. 1, p.40-45, 2006.

KIM, M.; JANG, Y.; LEE, S. *Application of Delphi-AHP methods to select the priorities of WEEE for recycling in a waste management decision-making tool*. **Journal of Environmental Management**, v. 128, p. 941-948, 2013.

LAMBERT, A. J. D; GUPTA, S. M. **Disassembly modeling for assembly, maintenance, reuse and recycling**. Boca Raton: Crc Press, 2005.

LAU, W.K., CHUNG, S., ZHANG, C. *A material flow analysis on current electrical and electronic waste disposal from Hong Kong households*. **Waste Management**, v. 33, p.714-721, 2013

LEITE, P.R. **Logística reversa: Meio ambiente e competitividade**. São Paulo, Prentice Hall, 2009.

LI, J., LIU, L., REN, J., DUAN, H., ZHENG, L. *Behavior of urban residents toward the discarding of waste electrical and electronic equipment: a case study in Baoding, China*. **Waste Management & Research**, v. 30, n. 11, p.1187-1197, 30 jul. 2012.

MEADE, L.; J. SARKIS. *The theory and practice of reverse logistics*. **International Journal of Logistic**, 2007.

MORALES, G.; FRANÇA, F. C. C.; SALES, M. V. S. **Revisão do tratamento sustentável do lixo eletrônico em IES: Estudo de Caso**. Rio de Janeiro: Agenda Social, v. 4, n. 2, p. 44-58, mai-ago 2012.

OLIVEIRA da SILVA, *Obsolescência Programada e Teoria do Decrescimento versus Direito ao Desenvolvimento e ao Consumo (Sustentáveis)*. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, V.9, n.17; p.181-196; Janeiro/Junho de 2012.

OGUCHI, M. et al. *Lifespan of commodities, Part II*. **Journal of Industrial Ecology**, v. 14, p. 613–626, 2010.

POCHAMPALLY, K.; NUKALA, S.; GUPTA, S. M. **Strategic Planning Models for Reverse in Closed-Loop Supply Chain**. Boca Raton: CRC Press, 2009.

POLÁK, M.; DRÁPALOVÁ, L. *Estimation of end of life mobile phones generation:: The case study of the Czech Republic*. **Waste Management**, v. 32, p.1583-1591, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DOS GOYTACAZES - PMCG. **Mapas municipais**. Disponível em: <<http://www.campos.rj.gov.br/mapas-municipais.php>>. Acesso em: 20 dez. 2016. Rio de Janeiro.

RAVINDRAN, A. R.; WARSING, D. P. **Supply Chain Engineering: Models and Applications**. New York: Taylor & Francis Group, 2013.

RODRIGUES, A. C. **Fluxo domiciliar de geração e destinação de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de São Paulo/SP: caracterização e subsídios para políticas públicas**. 247 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saúde Pública, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2012.

RODRIGUES, J. T. M. **Seleção de Variáveis para Prever a Demanda de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos no Contexto da Logística Reversa**. 176 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

ROBINSON, B.H. *E-waste: an assessment of global production and environmental impacts*. **Science of the Total Environment**, p.183–191, 2009.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. University Nevada, Reno, 1999.

SAATY, T. L. *How to make a decision:: The Analytic Hierarchy Process*. **European Journal Of Operational Research**, North-holland, v. 48, p. 9-26, 1990.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Analytical Planning: The Organization of Systems**. 4. ed. RWS Publications, 1991.

SAATY, T. L. **Decision Making for Leaders**. 3. ed. Pittsburgh: RWS Publications, 2000. p. 314.

SANTOS, E. F. A **Contribuição da Logística Reversa na Gestão de Resíduos Sólidos: Uma análise dos canais reversos de microcomputadores**. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Nove de Julho - Uninove, São Paulo, 2010.

SAVASKAN, R. C.; BHATTACHARYA, S.; WASSENHOVE, L. N. V.. *Closed-Loop Supply Chain Models with Product Remanufacturing*. **Management Science**, v. 50, n. 2, p.239-252, 2004.

SILVA, L. A. A.; PIMENTA, H. C. D.; CAMPOS, L. M. S.. *Logística Reversa dos Resíduos Sólidos Eletrônicos do Setor de Informática: Realidade, Perspectivas e Desafios na Cidade de Natal-RN*. **Revista Produção Online**. Florianópolis, v. 13, n. 2, p.544-576, 01 jun. 2013.

SILVA, M. S.; SILVA, T. S. **Gerenciamento de uma Cadeia de Suprimentos Direta e Reversa via um Modelo de Programação Linear Inteira**. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, CCT, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, Campos dos Goytacazes - RJ, 2012.

SOUZA, M. T; SANTOS, E. F. **Um Estudo das Motivações para Implantação de Programas de Logística Reversa de Microcomputadores.** RECADM - Revista Eletrônica de Ciência Administrativa. Paraná, v. 8, n. 2, p.137-150, 2009. Disponível em: <<http://revistas.facecla.com.br/index.php/recadm>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

STOCK, J. R. *Development and Implementation of Reverse Logistics Programs.* **Oaks Brook**, Council of Logistics Management Books, 1998.

SVENSSON, G. *Aspects of sustainable supply chain management (SSCM): conceptual framework and empirical example.* **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 12, n. 4, p. 262–266, 26 jun. 2007.

TAHA, A. H. **Operational Research.** 8. ed. Pearson, p. 363, 2013

THIERRY, M., M. SALOMON, et al. *Strategic issues in product recovery management.* **California Management Review**, 1995.

TSYDENOVA, O.; BENGTSSON, M. *Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment.* **Waste Management**, v. 31, p.45-58, 2011.

UNITED NATIONS UNIVERSITY - UNU. **E-Waste in Latin America:** Statistical analysis and policy recommendations. 2015. Disponível em: <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:3315/eWaste_in_Latin_America_2015.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2017.

VICTOR, S.P., KUMAR, S. S.. *Planned obsolescence – roadway to increasing e-waste in indian government sector.* **International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)**. VI. 2, n. 3, p. 554-559, 2012.

WALK, W. *Approaches to estimated future quantities of waste electrical and electronic equipment (WEEE).* **Proceedings of the Eletronics Goes Green**, Berlin, Germany, p. 263–268, 2004.

WANG, F., HUISMAN, J., STEVELS, A., BALDÉ, C. P. *Enhancing e-waste estimates: Improving data quality by multivariate Input–Output Analysis.* **Waste Management**, v. 33, p. 2397-2407, 2013.

WANG, G.; QIN, L.; LI, G.; CHEN, L. *Landfill site selection using spatial information Technologies and AHP: a case study in Beijing, China.* **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 2414-2421, 2009.

YLÄ-MELLA, J.; KEISKI, R. L.; PONGRÁCZ, E. *Electronic waste recovery in Finland:: Consumers' perceptions towards recycling and re-use of mobile phones.* **Waste Management**. v.45, p. 374-384, 2015.

YU, J., WILLIAMS, E., JU, M., YANG, Y. *Forecasting global generation of obsolete personal computers.* **Environmental Science & Technology**, v. 44, p. 3232–3237, 2010.

**APÊNDICE A – CATEGORIAS DE EEE ABRANGIDOS PELA DIRETIVA
2012/19/EU DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO DE 04 DE JULHO DE
2012**

1. Grandes eletrodomésticos
2. Pequenos eletrodomésticos
- 3. Equipamentos da Tecnologia da Informação e Telecomunicações**
4. Equipamentos de consumo e painéis fotovoltaicos
5. Equipamentos de iluminação
6. Ferramentas elétricas e eletrônicas
7. Brinquedos e equipamento de desporto e lazer
8. Aparelhos médicos
9. Instrumentos de monitorização e controle
10. Distribuidores automáticos

3. Equipamentos informáticos e de telecomunicações

Processamento centralizado de dados:

Macrocomputadores (*mainframes*)

Minicomputadores

Unidades de impressão

Computação pessoal:

Celulares

Computadores pessoais – *desktops* – (CPU, mouse e teclado incluídos)

Computadores portáteis – *laptop* – (CPU, mouse e teclado incluídos)

Computadores portáteis – *notebook*

Computadores portáteis – *notepad*

Impressoras

Copiadoras

Máquinas de escrever elétricas e eletrônicas

Calculadoras de bolso e de secretária

Outros produtos e equipamentos para recolher, armazenar, tratar, apresentar ou comunicar informações por via eletrônica

Sistemas e terminais de utilizador

Telecopiadoras

Telex

Telefones

Postos telefônicos públicos

Telefones sem fios

Respondedores automáticos

Outros produtos ou equipamentos para transmitir som, imagens ou outras informações por telecomunicação.

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO

Este questionário tem como objetivos: identificar o potencial de geração de lixo eletrônico e analisar o comportamento do consumidor no descarte desse lixo.

Nome (opcional): _____	Idade: _____	Gênero: () F () M
Estado civil: () Solteiro () Casado () Outro	Tem filhos? () Não () Sim Quantos? _____	
Qual seu grau de escolaridade: () Não lê ou escreve () Ensino básico () Ensino Médio () Superior () Pós-graduação		
Em que categoria de renda mensal você se enquadra?		
() Nenhuma () Até 1 salário mínimo (<i>até R\$ 880,00</i>) () Mais de 1 até 3 salários mínimos (<i>de R\$ 881,00 até R\$ 2.640,00</i>) () Mais de 3 até 5 salários mínimos (<i>de R\$ 2.641,00 até R\$ 4.400,00</i>) () Acima de 5 salários mínimos (<i>Acima de R\$ 4.401,00</i>)		
Qual a posição do respondente na família?		
() Chefe de família () Esposo(a) () Filho(a) () Avó(ô) () Outros: _____.		
Qual bairro você reside? _____		

Com relação a equipamentos elétricos eletrônicos como celulares, computadores (*notebooks, desktops e netbooks*) e *tablets*, responda as questões abaixo:

Q1. Indique para cada tipo de equipamento que possui em sua casa:

Com relação ao tempo de aquisição, escolha uma das opções e assinale-a na coluna “TEMPO DE AQUISIÇÃO”:

- (A) Menos de 6 meses
- (B) Entre 6 meses e 1 ano
- (C) Entre 1 e 2 anos
- (D) Entre 2 e 3 anos
- (E) Mais de 3 anos

EQUIPAMENTO	TEMPO DE AQUISIÇÃO	QUANTIDADE EM USO	QUANTIDADE ARMAZENADA
Celular			
Computador	<i>Desktops</i>		
	<i>Notebook</i>		
	<i>Netbook</i>		
<i>Tablet</i>			

Q2. Qual motivo da última compra desses equipamentos?

MOTIVOS	EQUIPAMENTOS		
	CELULAR	COMPUTADOR	TABLETS
Foi a primeira compra			
Necessidade de mais um equipamento			
Substituir equipamento quebrado			
Substituir equipamento que não funcionava muito bem			
Substituir equipamento roubado ou perdido			
Substituir por equipamento mais moderno			
Ganhado de presente (novo)			
Ganhado (usado)			
Outros: _____.			

Q3. Quais opções o(a) senhor(a) considera quando esses tipos de equipamentos estão fora de uso?

OPÇÕES	EQUIPAMENTOS		
	CELULAR	COMPUTADOR	TABLET
Joga no lixo comum			
Coloca junto a outros materiais para coleta seletiva			
Separa e leva até locais de coleta			
Guarda porque não sabe o que fazer			
Entrega para doação			
Tenta consertá-lo			
Outros: _____.			

Q4. Se existissem locais para entrega gratuita ou coleta para aqueles equipamentos fora de uso, o(a) senhor(a) estaria disposto(a) a entregá-los?

() SIM

() NÃO. Por quê? _____.

Q5. Antes dessa entrevista o(a) senhor(a) já tinha ouvido falar sobre a coleta de lixo eletrônico na cidade de Campos?

() SIM. Onde? _____

() NÃO.

Q6. Avalie a **importância** dos itens abaixo, considerando o **descarte** de equipamentos elétricos eletrônicos, tais como celulares, computadores (*notebook, netbook e desktops*) e *tablets*. Caso não seja possível avaliar algum item, por favor, marque a opção NA (Não Avaliado).

Grau de importância	Nada importante	Pouco importante	Regular	Importante	Muito importante	Não avaliado
	1	3	5	7	9	NA

CRITÉRIOS	Celulares						Computadores						Tablets					
	Grau de importância						Grau de importância						Grau de importância					
Localização do ponto de coleta	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA
Receber um valor pelo recolhimento ou um desconto na compra de um equipamento novo.	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA
Pagar uma taxa para o recolhimento	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA
Facilidade de reaproveitamento através de conserto	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA
Potencial de contaminação (quantidade de componentes perigosos)	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA
Entregar para empresas de reciclagem	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA
Entregar/Doar para cooperativas de reciclagem ou catadores de eletrônicos ou instituições que pratiquem reuso de eletrônicos	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA	1	2	3	4	5	NA

Caso você queira dar alguma sugestão ou crítica com a finalidade de melhorarmos este questionário, escreva nas linhas abaixo:

Agradecemos a sua colaboração para a realização desta pesquisa.