

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ADRIANO MICHELOTTI SCHROEDER

**BARREIRAS QUE LIMITAM A LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS DE
EQUIPAMENTOS ELETROELETRONICOS DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO
SUPERIOR NA CIDADE DE SÃO PAULO.**

**São Paulo
2017**

ADRIANO MICHELOTTI SCHROEDER

**BARREIRAS QUE LIMITAM A LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS DE
EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO
SUPERIOR NA CIDADE DE SÃO PAULO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Prof. Elesandro A. Baptista, Dr. - Orientador

**São Paulo
2017**

Schroeder, Adriano Michelotti.

Barreiras que limitam a logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos das instituições de ensino superior na cidade de São Paulo. / Adriano Michelotti Schroeder. 2017.

117 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2017.

Orientador (a): Prof. Dr. Elesandro Antonio Baptista.



PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

DE

Adriano Michelotti Schroeder

Título da Dissertação: Barreiras que Limitam o Aumento do Uso da Logística Reversa de Equipamentos Eletroneletrônicos nas Instituições de Ensino Superior da Cidade de São Paulo.

A Comissão Examinadora, composta pelos Professores Abaixo Considero(s) o(a) candidato(a)
Adriano Michelotti Schroeder APROVADO.

São Paulo, 27 de junho de 2017.

Prof(a). Dr(a). Elesandro Antônio Baptista (UNINOVE)

Prof(a). Dr(a). Alexandre Taceu Simon (UNIMEP)

Prof(a). Dr(a). Rosangela Maria Varallo (UNINOVE)

AGRADECIMENTOS

Deus, Pai de misericórdia, agradeço todos os meus dias a Vós pela saúde, equilíbrio e sabedoria que me destes de bom grado.

Santo Expedito e São Judas Tadeu, agradeço a Vós por sempre me ajudar a trabalhar com as variáveis às quais não tenho controle.

Maria Santíssima, mãe de misericórdia, obrigado por sempre interceder por mim junto ao Pai, tanto nos momentos de turbulência, quanto nos momentos de gratidão.

Agradeço à minha amada esposa ISA e à minha mãe MARA, por suportar prontamente a todas as dificuldades por que passamos nesta jornada. Eu sei que não foi fácil, mas eu faria o mesmo por vocês a qualquer tempo.

Matheus e Lucas, filhos amados: este é o caminho que devem seguir. Obrigado pelo pronto apoio de vocês e saibam que estarei ao lado de vocês sempre, pelo resto de meus dias.

Agradeço ao Prof. Dr. Elesandro Antonio Baptista, pela orientação, profissionalismo e acima de tudo, os “puxões de orelha” que serviram de alerta para me fortalecer na jornada acadêmica e também pessoal.

Agradeço ao Prof. Dr. Geraldo Cardoso de Oliveira Neto por toda a contribuição, apoio e disponibilidade que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao professor Milton Vieira Júnior e aos professores e pesquisadores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao professor Alexandre Tadeu Simon e Rosângela Maria Vanalle, pela participação em banca e também por contribuírem positivamente para agregar valores ao meu trabalho.

Em especial, dedico este trabalho ao meu pai, José Carlos Schroeder, que acompanhou o desenvolvimento deste estudo, porém de outro plano espiritual. Pai, espero que goste!

Ao meu chefe e amigo Antônio Carlos Barbara, pelo suporte e incentivo fiel sobre o caminho do conhecimento e aprendizado diário.

Agradeço a todos os familiares e amigos que estão em meu coração, pela compreensão sobre os momentos que faltei, por conta das dificuldades.

“Seja o melhor que puder... e trabalhe cercado por pessoas que são ainda melhores do que você”.

Steve Jobs

RESUMO

Os produtos eletroeletrônicos tornaram-se muito presentes no cotidiano das pessoas e das empresas. Com o avanço das tecnologias que possibilitam cada vez mais facilidades de interconexão, independentes da distância, dos fabricantes, dos tipos de modelos e da plataforma operacional em que operam, seu uso tornou-se ainda mais indispensável, a ponto de representarem o principal fator de modificação em rotinas e processos das empresas e até mesmo das pessoas. Não obstante, o processo de ensino e aprendizagem das escolas e universidades também passou a utilizar a informática como uma poderosa ferramenta, à qual os alunos visualizam aspectos relevantes das disciplinas por meio de softwares de aplicativos e simuladores, imersos em ambientes virtuais, mas muito próximo da realidade. Entretanto, como estes ambientes necessitam de equipamentos de *hardware* e *software* que acompanhem a questão tecnológica atual, o problema da rápida obsolescência passa a ser evidente, à medida que esses novos ambientes virtuais passam a exigir maiores recursos computacionais. As frequentes atualizações desses equipamentos fazem com que as instituições de ensino sejam potenciais geradoras de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, uma categoria de lixo que demanda procedimentos específicos para que sua destinação final não cause danos ambientais e às pessoas. Assim, é natural que se configurem obstáculos que dificultem o descarte correto deste tipo de resíduo, fato que concentra todos os esforços deste trabalho, tendo como objetivo principal, a identificação dessas barreiras e seus impactos sobre a logística reversa desses materiais. Como benefícios, os resultados deste estudo servirão de norte a estudos futuros, vislumbrando formas mais adequadas de gestão e descarte desses resíduos, com o mínimo de impactos financeiros, sociais e ambientais para as instituições de ensino da cidade de São Paulo.

PALAVRAS-CHAVE: Logística reversa, Eletrônicos, REEE, Barreiras, Obstáculos.

ABSTRACT

Electrical and Electronic Equipment have become present in the daily life of people and enterprises. Due to technologies breakthrough that make easier the interconnection of those equipment, regardless of distance, manufacturers, types of models and used operational systems, those equipments have become even more essential, such of being the main factor of changing routines and enterprises processes, extending to the people. Nevertheless, the process of teaching and learning in basic schools and universities has also started to use informatics as a powerful tool, which students can visualize relevant aspects of the subjects through software applications, simulators, immersed in virtual environments, but, very close of reality. However, as those environments require hardware and software compatible with actual informatics scene, the problem of fast obsolescence tends to be more evident, as these new virtual environments require greater computing resources. Those frequent updates of those equipments contribute to make educational institutions to be a potential generator of Waste of Electrical and Electronic Equipments, a kind of waste that demands specifics procedures to correct disposal, to prevent environment and people harm. Therefore, it is natural to set up some obstacles to make the process of correct disposal more difficult, which define the focus of this work, followed by main objective to identify all of those barriers. As benefits, all results of this work will be available to guide future studies to reach out some new appropriate ways to managing and disposal of those kind of wastes, considering minimum financial, social and environmental impacts for educational institutions in São Paulo city.

KEYWORDS: *Reverse Logistics, Electronics, WEEE, Barriers, Obstacles.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxo genérico de materiais na logística direta	14
Figura 2 – Fluxo genérico de materiais na logística reversa	16
Figura 3 – Fluxograma das etapas de desenvolvimento da pesquisa.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Barreiras da LR de REEEs, segundo os autores	33
Tabela 2 – Agrupamentos de palavras utilizadas nas buscas	39
Tabela 3 – Barreiras que limitam a LR de REEEs identificadas na revisão de literatura	45
Tabela 4 – Ajuste das barreiras identificadas na revisão de literatura, para a realidade das IES	53
Tabela 5 – Detalhamento do segmento educacional das IES	58
Tabela 6 – Quantidade de computadores existentes no parque de informática das IES.....	59
Tabela 7 – Percentual de troca anual de computadores	60
Tabela 8 – Resumo do percentual de troca de computadores	62
Tabela 9 – Conhecimento de leis sobre o descarte de REEEs pelos colaboradores das IEs64	
Tabela 10 – IEs que possuem política institucional para o descarte correto de REEEs	65
Tabela 11 – Fatores motivadores para descarte de REEEs	66
Tabela 12 – Fatores motivadores para descarte de REEEs agrupados por IEs.....	67
Tabela 13 – Destino dos computadores obsoletos, porém em plenas condições de uso.....	69
Tabela 14 – Destino dos REEEs avariados ou obsoletos, sem nenhuma condição de uso..	73
Tabela 15 – Incentivos da alta administração para o descarte de REEEs e outros resíduos sólidos	77
Tabela 16 – Sumarização das barreiras existentes no processo de descarte de REEEs.....	78
Tabela 17 – Barreiras identificadas na revisão de literatura	79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo dos anos de publicações dos artigos	41
Gráfico 2 – Comparativo das temáticas dos artigos	41
Gráfico 3 – Comparativo dos países onde foram realizadas as pesquisas	42
Gráfico 4 – Comparativo entre as publicações nacionais e internacionais	43
Gráfico 5 – Comparativo dos tipos de pesquisas realizadas nos estudos	43
Gráfico 6 – Métodos de pesquisa utilizados	44
Gráfico 7 – Volume de respostas no período de junho/2016 a dezembro/2016	56

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABINEE	Associação Brasileira das Indústrias Elétricas e Eletrônicas
ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DARPA.....	<i>Defense Advanced Research Projects Agency</i>
DIO.....	Distribuidor Interno Óptico
EEE	Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
ENIAC	<i>Electronic Numerical Integrator and Computer</i>
EC	<i>European Council</i>
EU	<i>European Union</i>
IE	Instituições de Ensino
IP	<i>Internet Protocol</i>
REEE	Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
RoHS.....	<i>Restrictions of Certain Hazardous Substances</i>
STP	<i>Shielded Twisted Pair</i>
TI	Tecnologia da Informação
UTP	<i>Unshielded Twisted Pair</i>
WEEE.....	<i>Waste Electrical and Electronic Equipment</i>
WI-FI	<i>Wireless Fidelity</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	3
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 Objetivo Geral	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	5
1.4 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES	6
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	7
2 REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 O PAPEL DOS EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS (EEEs) NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA.....	8
2.2 OBSOLESCÊNCIA PREMATURA DE EEEs = AUMENTO NA QUANTIDADE DE REEEs.....	11
2.3 LOGÍSTICA REVERSA	14
2.3.1 Recuperação e reutilização	16
2.3.2 Reciclagem e reparo.....	17
2.3.3 Destinação final	18
2.4 VISÃO GERAL DAS DIRETIVAS E LEIS	19
2.4.1 Diretiva RoHS – <i>Restriction of Hazardous Substances</i>	20
2.4.2 Diretiva WEEE – <i>Waste of Electrical and Electronic Equipments</i>	20
2.4.3 Leis – República da China	22
2.4.4 Leis – Estados Unidos da América.....	23
2.4.5 Leis – Brasil	23
2.4.6 Fatores determinantes para a implementação de LR de REEEs	25
2.4.7 Destino dos REEEs e a Responsabilidade Compartilhada	26
2.4.8 Contribuições da logística reversa com o descarte adequado de REEEs	26
2.5 PRINCIPAIS BARREIRAS QUE DIFICULTAM A LOGÍSTICA REVERSA DE REEEs, SEGUNDO A REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.6 PERCEPÇÃO DE AUTORES SOBRE AS BARREIRAS ENCONTRADAS QUANTO AO DESCARTE DE REEEs.....	30
2.7 REVISÃO DE LITERATURA – CONSIDERAÇÕES FINAIS	34

3 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	35
3.1 PROBLEMA DE PESQUISA	35
3.2 ESTRUTURA DA PESQUISA	35
3.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	36
3.3.1 Etapa 1 – Definição das bases de dados utilizadas para o embasamento teórico.	37
3.3.2 Etapa 2 – Definição das palavras-chaves	38
3.3.3 Etapa 3 – Pesquisa nas bases de dados	39
3.3.4 Etapa 4 – Identificação da relevância dos temas	40
3.3.5 Etapa 5 – Revisão de literatura	44
3.3.6 Etapa 6 – Identificação das barreiras	45
3.3.7 Etapa 7 – Construção do questionário.....	45
3.3.8 Etapa 8 – Seleção da população	50
3.3.9 Etapa 9 – Configuração da ferramenta de aplicação	50
3.3.10 Etapa 10 – Aplicação do questionário.....	51
3.3.11 Pergunta 10: Aspectos relevantes.....	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
4.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS – QUESTÕES DE ORDEM IDENTIFICATIVA DE 1 A 3	57
4.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS – QUESTÕES DE 4 A 6, CONTEMPLANDO A PERCEPÇÃO LEGAL E POLÍTICAS PARA DESCARTE DE REEEs.....	63
4.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS – QUESTÕES 7, 8 e 9, REFERENTE AO DESCARTE DE COMPUTADORES OBSOLETOS, REEEs E A EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS POR PARTE DA ALTA ADMINISTRAÇÃO	68
4.4 ANÁLISE DAS RESPOSTAS – QUESTÃO 10: DIFÍCULDADES PERCEBIDAS NO PROCESSO DE GESTÃO DOS REEEs – BARREIRAS IDENTIFICADAS	77
4.4.1 Espaço consumido pela segregação de computadores obsoletos (REEEs), enquanto aguardam a LR.....	79
4.4.2 Aspectos particulares sobre o consumo de espaço para a segregação de REEEs	80
4.4.3 Ausência de planejamento para as operações de descarte de REEEs.....	81
4.4.4 Equacionamento dos custos logísticos relacionados ao descarte de REEEs.....	81
4.4.5 Participação da alta administração com o descarte de REEEs.....	82
4.4.6 Burocracia existente nos processos de doação de REEEs.....	83
4.4.7 Longos períodos de acúmulo de REEEs para reduzir custos logísticos	83
5 CONCLUSÕES	85
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86

5.2 TRABALHOS FUTUROS	87
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
7. ANEXOS	99
7.1 Questionário aplicado.....	99

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da internet e a expansão das redes de dados em meados da década de 90 e anos 2000, o uso do computador passou a ser indispensável para a realização de diversas tarefas.

No campo da educação, a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) está relacionada com o uso intensivo de computadores em ambientes de aprendizagem nas universidades e nos locais de residência dos estudantes (BRIZGA; PEKS; BERTAITIS, 2013). Esses recursos eletrônicos de informação tornaram-se a espinha dorsal de muitas organizações acadêmicas, exigindo novas habilidades e percepções de membros do corpo docente, no que tange à localização de elementos de conhecimento discretos, em meio ao aumento considerável da informação eletrônica (NEGABAHN; TALAWAR, 2009). Neste contexto, as instituições de ensino, de um modo geral, passaram a utilizar computadores como complemento indispensável para o processo de ensino e aprendizagem.

Strunga (2015), descreve a geração de novos conhecimentos por meio da interação entre professores e alunos em comunidades virtuais, cuja principal tecnologia de suporte é baseada em computadores, *tablets* e *smartphones*, permitindo o acesso à informação em locais remotos, por meio de conexão com a internet.

Salyers (2014) promoveu um estudo sobre aprendizagem virtual em universidades canadenses, em que 85% dos estudantes participantes indicaram que sentiam-se confortáveis usando computadores e aplicações de software antes de fazerem um curso de Ensino à Distância (EaD). 51% concordaram prontamente que o EaD os encoraja a participar mais ativamente do processo de aprendizagem, ao passo que, 43% afirmaram a preferência de cursos EaD em vez dos tradicionais.

Babbitt *et al.* (2009) descreveram as universidades e suas faculdades como grandes concentrações de pesquisa e inovações tecnológicas, em que os alunos estão cada vez mais em contato com aplicativos de internet e os professores, com plataformas de instruções computadorizadas.

Sob esta ótica, a percepção sobre o perfil ideal do homem contemporâneo e profissional do futuro, motivou o Governo Brasileiro à promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, por meio do Decreto nº 2.306, em 19 de agosto de 1997 que, em seu Artigo 18, parágrafo 1º, item B, contempla a disponibilidade de

recursos específicos aos alunos, como por exemplo, laboratórios de informática, dispositivos computacionais e acesso online ao acervo e bases de dados de bibliotecas (BRASIL, 1997).

Em 2006, o Decreto nº 5.773, Artigo 16, parágrafo 7, item B, promulgado em 9 de maio, intensificou a necessidade de disponibilidade de laboratórios e recursos de informática com a aquisição de equipamentos, correspondendo com os planos pedagógicos de cursos e outros programas educacionais previstos, informações pertinentes à relação quantitativa de equipamentos por alunos e à descrição de novas tecnologias consideradas significativas (BRASIL, 2006).

O Item 15 da Meta 7 do Anexo à Lei Nº 13.005, de 25 de junho de 2014, descreve a necessidade de:

“Disponibilizar até o quinto ano de vigência do Plano Nacional de Ensino, o acesso à internet por meio de banda larga de alta velocidade e triplicar, até o final da década, a quantidade de computadores para os alunos em todas as escolas da rede pública de educação básica, solidificando a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) em conjunto com o processo pedagógico” (BRASIL, 2015).

Entretanto, para acompanhar o cenário tecnológico das empresas, torna-se essencial o fato de prever a atualização das TICs que são utilizadas pelos professores e alunos das instituições de ensino superior (IES).

Em seu estudo, Jallorina *et al.* (2013) identificaram problemas no funcionamento do *software* Mathematica® quando executado em computadores mais antigos, forçando a aquisição de novo *hardware* ou nova versão de *software* para que este operasse corretamente.

Percebe-se que as constantes evoluções de *software* e *hardware*, ao mesmo tempo que oferecem inovações tecnológicas, deixam de suportar dispositivos computacionais mais antigos, tornando-os lixo eletrônico, também conhecido pelo termo Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).

Milovantseva e Saphores (2013) descrevem os REEEs como sendo mais problemáticos que os resíduos urbanos comuns, em função da quantidade de materiais de alta toxicidade como os metais pesados, plásticos, retardadores de chamas e outros materiais que agredem potencialmente o meio ambiente, caso sejam descartados de modo incorreto.

Neste contexto, Rahman e Subramanian (2012) afirmam que o uso da Logística Reversa (LR) representa uma forma de minimizar o impacto ambiental dos REEEs, por meio de recuperação e reaproveitamento de materiais presentes neste fluxo de resíduos.

Entretanto, estas características dos REEEs podem configurar potenciais barreiras que impactem negativamente em seu processo de LR. É sabido que produtos tóxicos requerem processos específicos para tratamento e descarte, de modo a não oferecer riscos ambientais e às pessoas. Desta forma, todos os esforços empregados neste estudo concentram-se na identificação do cenário dos REEEs nas IES da cidade de São Paulo, seu enquadramento nas leis e diretrizes legais, as barreiras existentes em seu processo de LR e as formas para minimizar este impacto negativo.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Os equipamentos eletroeletrônicos, como computadores, periféricos e equipamentos de exibição visual são essenciais para a realização dos objetivos de pesquisa e educação em uma universidade (DAVIS; WOLSKI, 2008). Mesmo buscando fundamentos em outras áreas, as TICs parecem oferecer mecanismos exclusivos de raciocínio voltados para a resolução de problemas, cujas aplicações ultrapassam as fronteiras da computação em si (BARCELOS; SILVEIRA, 2012). É importante acrescentar que existem diversas universidades e centros universitários na cidade de São Paulo, que também oferecem outros níveis de ensino, desde o infantil até o doutorado, que também fazem uso dos computadores.

São ferramentas que servem de apoio para a formação integral do aluno, capacitando-os à organização e articulação de ideias para a construção do pensamento crítico. Além disso, as IES produzem conhecimentos e formam renomadas lideranças intelectuais, que contribuem positivamente para atender aos anseios da sociedade, além de desempenhar um papel de responsabilidade social exemplar.

O termo “responsabilidade social”, para as empresas, pode ser visto como um conceito e prática em que assumem a responsabilidade pelo impacto de suas atividades (MASAKA, 2008), por meio de condutas que melhorem o bem-estar social

e ambiental, porém, com benefícios voltados a seus próprios interesses (CHIAVENATO, 2004).

Percebe-se uma forte tendência para o aumento da utilização de computadores e dispositivos periféricos nas IES, à medida que novas tecnologias de *hardware* e *software* aparecem nos mercados. Para acompanhar a evolução tecnológica, é necessária a compatibilidade entre *hardware* e *software* em função da tecnologia do momento. Em contrapartida, computadores e periféricos relativamente atuais tornam-se obsoletos de modo precoce, tendo em vista que deixam de atender satisfatoriamente as necessidades do usuário aluno ou professor. De fato, é possível a realocação desses equipamentos para operar com softwares que exijam menores recursos computacionais, em outros setores das IES. Entretanto, os computadores e periféricos desses setores passam a apresentar níveis de obsolescência ainda maiores, aumentando o volume de descarte. Por conta de seu elevado nível de toxicidade, os REEEs demandam maior controle e rigor em seu processo LR, fatores que podem impactar negativamente para que este processo seja feito de modo correto, sem causar prejuízos ambientais ou sociais.

Neste contexto, a pergunta de pesquisa a ser respondida pelo estudo resume-se na seguinte frase:

Quais são as barreiras que limitam a logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos gerados pelas instituições de ensino superior na cidade de São Paulo?

De acordo com Kothari (2004), um problema de pesquisa, em geral, refere-se a uma dificuldade que um pesquisador vivencia no contexto teórico ou prático e deseja obter uma solução para o mesmo.

Portanto, todos os esforços empregados neste trabalho são dirigidos exclusivamente para avaliar quais são as barreiras que impactam negativamente sobre a LR de REEEs gerados pelas IES da cidade de São Paulo, com foco na redução de danos ambientais e manutenção da responsabilidade social, por meio de seu descarte correto.

1.2 OBJETIVOS

Diante da complexidade do tema, para responder à questão de pesquisa definida neste trabalho, é fundamental estabelecer os objetivos gerais e específicos, os quais são descritos a seguir:

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho concentra-se na identificação das barreiras que limitam a LR de REEEs nas IES da cidade de São Paulo.

1.2.2 Objetivos Específicos

Por se tratar de um tema relacionado às questões ambientais, gerenciais, sociais e até mesmo financeiras, é necessário detalhar o teor deste trabalho em itens específicos a saber:

- I. Elaborar uma análise profunda sobre as questões legais que fornecem as diretrizes para a manipulação e descarte correto dos REEEs e qual a situação do Brasil neste cenário;
- II. Identificar a população de instituições de nível superior com sede na capital da cidade de São Paulo, para contato de apresentação inicial sobre a relevância deste estudo e posterior envio de um questionário;

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O escopo deste estudo está delimitado em IES localizadas na cidade de São Paulo. Tratando-se de um tema de considerado reflexo social, ambiental e econômico, foi enviado um questionário específico, sem respostas consideradas certas ou erradas, identificação da IES ou de seu respondente. As respostas fornecidas foram tabuladas de modo a elencar as barreiras que dificultam a LR de REEEs que,

juntamente com o referencial teórico, servirão de base para promover a discussão do estudo e sugerir trabalhos futuros.

1.4 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES

Novaes e Zanta (2011) afirmam que, para um usuário integrar um grupo de pessoas que utiliza uma determinada versão de software em uma rede de comunicação, será necessário que este tenha a mesma versão compatível do software, caso contrário, pode ser excluído dessa rede.

Sob a ótica de Olowu (2012), embora seja difícil calcular os montantes globais de REEEs, é inquestionável o fato de que grandes quantidades de REEEs terminam em locais em que o descarte acontece em níveis muito baixos, gerando preocupações quanto à capacidade física, eficiência dos recursos e, a curto prazo, temores quanto aos perigos que representam ao meio ambiente e às pessoas.

Por outro lado, por causa da preocupação ambiental, as leis vigentes, as evoluções tecnológicas e a cidadania corporativa, a LR tem sido vista como parte significativa do desenvolvimento sustentável, reduzindo a poluição por meio da reutilização do produto, após o final de sua vida útil (PRAKASH; BARUA; PANDYA, 2015).

Entretanto, os cuidados específicos necessários para a manipulação e segregação dos REEEs, caracterizam práticas que podem interferir negativamente nos processos de gestão desses equipamentos, em que o descarte final é mais problemático, portanto, configurando-se barreiras para que este processo seja executado sem que cause prejuízos ambientais e às pessoas.

Neste aspecto, Sharma *et al.* (2011) descrevem que a execução de uma análise crítica das barreiras que impedem a logística reversa e sua integração com outros diversos processos de gestão, pode caracterizar uma valiosa fonte de informações aos tomadores de decisão.

Assim, a identificação das barreiras que impactam negativamente no processo LR de REEEs, justifica todos os esforços empregados neste trabalho, tendo em vista que servirão de base para elaborar recomendações com a proposta de contribuir positivamente para a preservação ambiental e da saúde das pessoas.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado em cinco capítulos a saber:

Capítulo I: Composto pela introdução, formulação do problema de pesquisa, objetivos gerais e específicos, delimitações do estudo, justificativas e contribuições e estrutura do trabalho.

Capítulo II: Apresenta uma abrangente revisão de literatura, com a finalidade de embasar o teor teórico, por meio das percepções sobre o cenário dos REEEs, as leis existentes, o retorno desses materiais ao centro produtivo por meio LR e outros assuntos pertinentes ao tema deste trabalho.

Capítulo III: Contempla os procedimentos metodológicos utilizados no estudo, o entendimento do escopo, a abordagem adotada, os objetivos e método de coleta de dados necessários para a conclusão do trabalho.

Capítulo IV: É constituído pelos resultados obtidos com a tabulação e análise dos dados.

Capítulo V: É composto pela discussão dos resultados e considerações finais, de acordo com a análise dos dados, sugerindo ideias para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo é composto por uma pesquisa desenvolvida em diversas bases de dados de conhecimento, com o propósito de embasar o teor técnico e lógico deste trabalho. A identificação e sintetização dos importantes conceitos sobre o papel dos Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE) na vida das pessoas, sua relação com a geração de REEEs e a gestão desses materiais até o seu descarte final, sem prejuízos ambientais, são necessários para a compreensão deste trabalho.

Embora o levantamento bibliográfico seja insuficiente por si só, representa uma base fundamental para a formulação do problema de pesquisa. Isto porque demanda análise crítica dos assuntos estudados, de modo que seja possível perceber controvérsias entre os diferentes autores, fundamentos teóricos relevantes para o estudo e, escolha de uma abordagem teórica que possa fundamentá-lo (GIL, 2002). Nesta etapa, são extraídas as conclusões mais importantes de todas as informações pertinentes ao estudo em questão, que foram levantadas por meio de fontes secundárias (MARCONI; LAKATOS, 1999). É importante acrescentar que a revisão de literatura não é o propósito único de estudo, mas sim, um dos meios para se atingir uma finalidade (YIN, 2001).

Desta forma, por se tratar de materiais considerados tóxicos ao meio ambiente e às pessoas, percebe-se a dificuldade inicial da gestão dos REEEs e, consequentemente, barreiras criadas, que devem ser superadas para que ocorra sua destinação adequada, sem prejuízos ambientais e sociais.

2.1 O PAPEL DOS EQUIPAMENTOS ELETROELETRONICOS (EEE) NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA

Equipamentos que dependem de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos para operarem corretamente são definidos pelo acrônimo EEE (EU; 2002a). De acordo com o anexo I-A descrito na Diretiva 2002/96/EC (WEEE), os EEEs são classificados em dez categorias distintas a saber:

- 1 - grandes eletrodomésticos;
- 2 - pequenos eletrodomésticos;

- 3 - equipamentos de Tecnologia da Informação;
- 4 - equipamentos de consumo;
- 5 - equipamentos de iluminação;
- 6 - ferramentas elétricas e eletrônicas (exceto aplicações industriais de grande porte);
- 7 - brinquedos, lazer e esportes;
- 8 - dispositivos médicos (exceto produtos implantados e infectados);
- 9 - dispositivos de controle e monitoramento;
- 10 - distribuidores automáticos.

O conceito de EEE é bastante abrangente e tem como característica, a presença de componentes e microcomponentes eletrônicos em sua estrutura de hardware. Assim, este estudo contempla apenas o item 3 da Diretiva 2002/96/EC (WEEE), referente aos equipamentos de Tecnologia da Informação (TI), especificamente no campo de microcomputadores utilizados em instituições de ensino superior.

Um microcomputador comum, em sua versão denominada Estação de Trabalho (*Desktop*) é composto basicamente por uma unidade de processamento, diversos resfriadores, unidades de Memória de Acesso Randômico (RAM), unidades de armazenamento de dados (*Hard Disks*), placa de vídeo, dispositivos de entrada e saída de dados que são acoplados em uma placa principal (placa mãe) e acomodados dentro de um compartimento denominado “gabinete”. A alimentação elétrica do conjunto é denominada “fonte” e encontra-se acoplada dentro do gabinete.

Notebooks e *Laptops* são versões portáteis dos microcomputadores, também chamados de computadores de mão ou portáteis. As funções operacionais são as mesmas existentes em um *desktop*, podendo haver algumas limitações, no que tange ao desempenho de saída de vídeo e suporte a periféricos específicos que dependem do acoplamento de placas internas e conexões para periféricos do tipo *Universal Serial Bus (USB)*.

Itens adicionais, denominados “periféricos externos”, como por exemplo, monitores de vídeo, teclado, *mouse*, câmeras de captura de vídeo (*webcams*), controladores de jogos (*joysticks*), telefones, *scanners*, impressoras enfim, uma grande quantidade desses equipamentos pode ser conectada ao computador para viabilizar a realização de diversas tarefas.

Além disso, é importante mencionar a existência de dispositivos computacionais específicos para compor a infraestrutura física das IES, como por exemplo, os concentradores de rede (*switches*), roteadores (*routers*), distribuidores de fibras óticas (DIOs), painéis de conexão (*patch panels*), *racks* e diversos outros também.

Outro aspecto importante observado é a questão da miniaturização de componentes eletrônicos, diretamente relacionado com a evolução tecnológica e engenharia de materiais, que possibilita o desenvolvimento de dispositivos computacionais cada vez menores e com maior número de funcionalidades.

Segundo Köhler e Erdmann (2004), a miniaturização e incorporação de microeletrônica em objetos que não são considerados parte da TIC é definida pelo nome de Computação Pervasiva. Ela envolve o uso de sensores que permitem coletar dados remotos sem a intervenção do usuário.

A indústria de eletroeletrônicos de consumo tem altos volumes de negócios e uma demanda que cresce rapidamente. Dispositivos eletrônicos e aparelhos estão se tornando “objetos de desejo” para um crescente número de consumidores (JENSE; SCHUUR; BRITO, 2010). Nos últimos anos, a evolução tecnológica possibilitou a produção de inúmeros e diversificados EEEs em larga escala, com a proposta de reduzir diversos tipos de esforços, distâncias e, até mesmo, incorporar aspectos de lazer e entretenimento. (NATUME; SANT’ANNA, 2011).

Embora a notoriedade da existência de uma crise política e econômica no Brasil no ano de 2016 aponte queda no faturamento da indústria eletroeletrônica em torno de 7,4% no ano de 2015 em relação a 2014, a quantidade de domicílios com computador e acesso à internet manteve-se em 42% comparando-se os anos de 2013 e 2014 (ABINEE, 2016). Nas Américas, a geração total de REEEs foi de 11,7 milhões de toneladas em 2014, divididos da seguinte forma: EUA com 7,1 milhões de toneladas, Brasil com 1,4 e México, com 1,0 milhões de toneladas (BALDÉ; WANG; KUEHR; HUISMAN, 2015).

Os computadores e telefones celulares também são usados para diversas finalidades, incluindo-se o âmbito educacional, onde um computador *laptop* é fornecido a cada aluno (PERKINS *et al.*, 2014). Atualmente, representam ferramentas utilizadas para o ensino e aprendizagem, necessárias para a preparação do estudante para a vida profissional. Na Inglaterra, por exemplo, o Currículo Nacional de Ensino descreve a necessidade do uso do computador para incorporar o pensamento

computacional, de modo a explorar as habilidades e criatividade para compreender e apresentar novas realidades (SHARPLES *et al.*, 2015). Com o advento da informática, a informação e o conhecimento, também evidenciados pelos termos de sociedade pós-industrial, era da informação, era virtual, sociedade da informação e do conhecimento, tornaram-se variáveis indispensáveis para o homem contemporâneo (MORIGI; PAVAN, 2004).

Percebe-se que, diante de um mundo globalizado, em que a informação está presente em diversos locais e em vários formatos, tornou-se indispensável a utilização do computador, utilizado como ferramenta de auxílio para capacitar o aluno para o exercício da vida profissional.

2.2 OBSOLESCÊNCIA PREMATURA DE EEEs = AUMENTO NA QUANTIDADE DE REEEs

Inovações tecnológicas ocorrem frequentemente no campo da microeletrônica. Elas são responsáveis pela incorporação de novos tipos de *hardware* e novas funcionalidades e capacidades aos existentes, com foco em redução de tamanho, consumo de energia elétrica, emissão de CO₂ e calor expelido no meio ambiente.

AGUIAR *et al.* (2014) afirmam que a velocidade com que essas inovações ocorrem em conjunto com os consumidores ansiosos por novidades são as principais causas da aceleração da obsolescência dos EEEs, mesmo que ainda estejam funcionais e, do ponto de vista físico, não apresentam final de vida útil.

REEE é um termo que define quaisquer equipamentos eletroeletrônicos, como computadores, TVs, fornos micro-ondas que deixaram de realizar as tarefas para as quais foram fabricados (SINHA-KHETRIWAL; KRAEUCHI; SCHWANINGER, 2005), deixando de ter valor significativo, em função de novas tecnologias que são lançadas (WIDMER, 2005). O REEE não é fisicamente igual a outros resíduos sólidos, devido à quantidade de materiais valiosos e, ao mesmo tempo, prejudiciais à saúde das pessoas que integram sua composição (ROBINSON, 2009), portanto, mais problemático do que os resíduos urbanos comuns. Dentre tais materiais tóxicos os mais comuns em sua composição são os metais pesados, retardadores de chamas e

outros que ameaçam a qualidade ambiental em caso de descarte incorreto (MILOVANTSEVA; SAPHORES, 2013).

A diversidade de componentes eletrônicos existentes nos REEEs dificulta estimar uma proporção por materiais presentes no conjunto. Muitos estudos categorizam 5 tipos de materiais: metais ferrosos, não-ferrosos, vidros, plásticos e outros (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRET, 2011). De todos esses materiais, os metais pesados descrevem um grau especial de preocupação, por causa de suas características tóxicas, mobilidade e dificuldade de bio-degradação em função do tempo. Neste contexto, desconsiderando-se o solo, os rios e demais recursos hídricos são muito sujeitos à contaminação por estes tipos de metais (WU *et al.*, 2014). Como consequência, a percepção da sociedade sobre os aspectos negativos dos REEEs tem aumentado (SANTOS; NASCIMENTO; NEUTZLING, 2014), por causa de sua alta possibilidade de causar consideráveis prejuízos ambientais e às pessoas, caso sejam simplesmente descartados sem nenhum tipo de cuidado ou conhecimento de suas características tóxicas (ROBINSON, 2009).

Observando-se o cenário contemporâneo dos EEEs e também a menção do Anexo I-B da Diretiva Europeia para REEEs (EU, 2002a), onde são detalhados os tipos de produtos que compõem as 10 categorias de EEEs definidas no Anexo I-A do mesmo documento, conclui-se que grande parte desses produtos utiliza placas micro controladas por processadores. Enfatizam-se os itens 3 e 4, que descrevem os produtos de informática e de consumo como TVs, rádios, vídeo câmeras, instrumentos musicais e de som dentre outros, como agrupamentos muito próximos, uma vez que todos possuem interação com computadores.

Em relação às subcategorias, os computadores pessoais (PC) representam 16,1%, seguido de 11,8% de telefones celulares e 13,6% de televisores que são mais pesquisados no campo de REEEs, seguido de produtos pertencentes à categoria 1 (grandes eletrodomésticos). Monitores também se destacaram no total de 4,3% (PÉREZ-BELIS; BOVEA; IBÁÑEZ-FORÉS, 2015).

Babbitt *et al.* (2009) promoveram um estudo empírico em *Arizona State University* (USA), com parâmetros de aquisição de novos computadores e geração de REEEs definidos em diferentes cenários, para avaliar a duração da vida útil dos computadores, no período de 1985 a 2000. Eles descobriram que, em um período de 15 anos, houve redução da vida útil do computador de 10.7 para 5.5 anos e aumento no tempo de vida da distribuição, concluindo que, o tempo operacional útil desses

equipamentos é uma variável importante que influencia previsões, estratégias de gestão e políticas para enfrentar os desafios atuais e futuros relacionados com os REEEs.

Um desses desafios está diretamente relacionado com o destino dos REEEs, sem prejuízos sociais, ambientais e com algum tipo de retorno econômico, inclusive, com relação à imagem que as IES pregam para a sociedade.

Echegaray (2015) concluiu em seu estudo que, embora a longevidade do produto seja o centro do dilema entre os anseios da classe média da inclusão social brasileira, por meio do consumo em massa e a sociedade da gestão sustentável e ambientalmente consciente permanece relativamente periférica às preocupações dos consumidores. Apesar de reconhecerem a redução do tempo operacional útil dos EEEs, muitos consumidores não abrem mão de se manterem “tecnologicamente atualizados”, ao invés de “tecnologicamente funcionais”.

Vários requisitos que são definidos em um produto, incluindo a funcionalidade, preço baixo, aparência agradável, confiabilidade etc., devem ser considerados em relação à sua concepção, fornecendo suas características adequadas. (JOHANSSON; BRODIN, 2008).

Tais requisitos podem ser percebidos em praticamente todos os componentes eletrônicos. Quando envolvem algum tipo de modificação no hardware, por menor que seja, pode ser necessária a substituição do conjunto placa-mãe, processador e memórias RAM, tendo em vista que os circuitos precisam estar em harmonia física e lógica para operarem corretamente.

O processo básico de atualização de um microcomputador compreende a substituição do conjunto placa mãe, processador e memórias RAM. Estes três componentes precisam estar alinhados em termos de frequência operacional, caso contrário, haverá defasagem de processamento, fazendo com que o conjunto opere em função da menor frequência suportada entre os três.

Considera-se outro aspecto importante, relacionado com a parte física desses componentes: os contatos metálicos (pinagens) de processadores e as memórias RAM sofrem constantes modificações físicas que os tornam compatíveis apenas com modelos específicos de placas-mãe, designadas para operar com esses tipos de componentes.

O componente eletrônico que aparece com maior frequência e quantidade nos REEEs é a placa de circuito impresso. Trata-se de uma base sólida, onde todos os

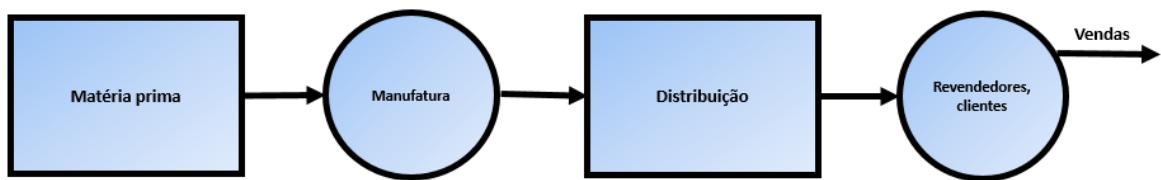
componentes como processadores, semicondutores, capacitores e condensadores são montados, sendo praticamente a estrutura básica de todos os EEEs (LADOU; LOVEGROVE, 2008).

Em geral, para que um periférico específico acoplado ao microcomputador seja reconhecido pelo sistema operacional como parte integrante do conjunto, é necessária a instalação de um arquivo que contenha suas informações e rotinas de funcionamento, denominado *driver*. A ausência ou incompatibilidade dessas informações com o sistema operacional do microcomputador acarretará na inoperância do periférico.

2.3 LOGÍSTICA REVERSA

A logística empresarial tradicional é um conjunto de processos de movimentação e armazenagem que contribuem positivamente para o escoamento de produtos, desde o ponto onde a matéria prima é adquirida, até a entrega do produto acabado às mãos do consumidor final (BALLOU, 1993). No contexto de estratégias empresariais, tem como propósito, oferecer produtos e serviços com baixos custos, satisfazendo as expectativas do cliente (KOBAYASHI, 2000). O fluxo de materiais na logística tradicional apresenta as seguintes características:

Figura 1 – Fluxo genérico de materiais na logística direta



Fonte: Adaptado (TONANONT *et. al*, 2008)

A logística convencional é tecnicamente simples de ser compreendida. De um modo geral, a indústria produtora compra insumos de seus fornecedores, manufatura o produto e preocupa-se pela sua entrega nas mãos do cliente, sem se preocupar com os detalhes de como será utilizado e onde será descartado em caso de avaria

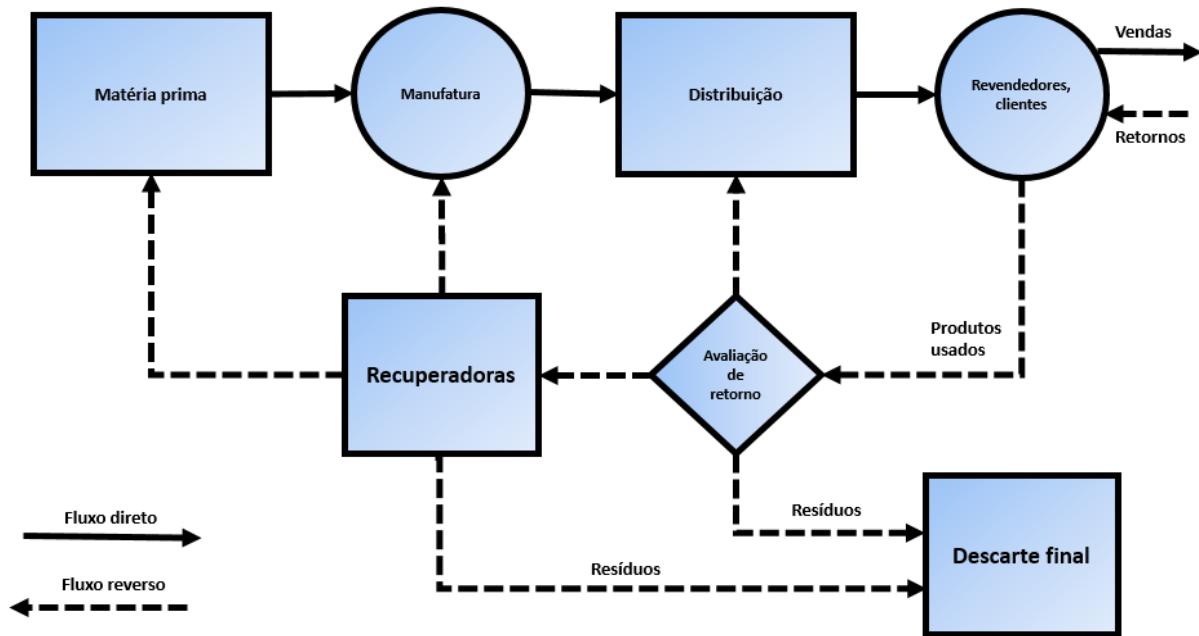
permanente ou, fim de vida útil. Este ciclo envolve desde a obtenção da matéria prima, até que o cliente tenha seu produto em mãos.

Atualmente, a redução da disponibilidade de aterros e a escassez de diversos tipos de matéria prima são reconhecidos como a realidade da era moderna (GEORGIADIS; BESIOU, 2009). Os danos ao meio ambiente causados pela depreciação de recursos naturais, fez com que empresas passassem a ampliar a busca por soluções para tornar sua cadeia produtiva um elo fechado, recuperando materiais ou até mesmo o produto inteiro (BOUZON; GOVINDAN; RODRIGUEZ, 2015). É possível transformar diversos resíduos sólidos em subprodutos ou matérias primas, que podem ser utilizadas em outras linhas produtivas (VALLE, 2002).

Desta forma, enquanto que, na logística direta, o canal da rede de suprimento é linear e unidirecional, desde a extração da matéria prima e produção de insumos para o consumo, na logística reversa, o fluxo de materiais passa a ser circular (SANT'ANNA; MACHADO; BRITO, 2015).

A LR é um ramo da logística que define o movimento de produtos ou materiais na direção oposta, com o propósito de criar ou, recapturar valores ou, destinar corretamente o produto (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 2001). Trata-se de um segmento da logística empresarial responsável pelo planejamento, operações e controle do fluxo e das informações relacionadas ao retorno dos bens de pós consumo e pós venda à unidade ou ciclo produtivo, agregando-lhes valores de imagem corporativa, legais e econômicos, dentre outros (LEITE, 2006). É um processo complexo que abrange todas as atividades relacionadas à gestão, retorno, reutilização, reciclagem, incineração e descarte de produtos de pós consumo (VEIGA, 2013). A LR também engloba o processamento de mercadorias devolvidas por avarias, sazonalidade, reabastecimento, recuperação, *recalls*, excesso de estoque (STĂNCIULESCU, 2011) e a necessidade de processar a crescente quantidade de REEEs gerada, em conformidade com as regulamentações ambientais (LAU; WANG, 2009). A Figura 2 descreve o fluxo genérico de materiais na LR:

Figura 2 – Fluxo genérico de materiais na logística reversa



Fonte: Adapatado (TONANONT *et. al*, 2008)

Muitas empresas de comércio eletrônico preocupam-se com a LR, porque seus lucros normalmente são vinculados ao marketing estratégico e sua imagem depende da satisfação do cliente durante o processo de comercialização (ARAÚJO *et. al.*, 2013). Entretanto, dependendo do tamanho, das restrições internas e outras considerações, as empresas podem adotar diferentes atitudes em relação à LR, inclusive, no intuito de cumprir as leis vigentes no local (LAU; WANG, 2009). Os REEEs, incluindo-se os eletrônicos usados podem ser destinados para reutilização, revenda, recuperação, reciclagem ou destinação final (NDZIBAH, 2008).

2.3.1 Recuperação e reutilização

Computadores que deixaram de atender com excelência às tarefas propostas pelos professores aos alunos ou, não possuem mais recursos suficientes para rodar as novas versões de software ou, o padrão de algum periférico indispensável para sua correta operação foi modificado, muitas vezes podem ser utilizados para realizar tarefas que exijam menor consumo de recursos computacionais.

A reutilização de um EEE ou de seus componentes, além de prolongar seu tempo de vida útil, reduz a produção de REEEs e promove a recuperação de materiais e energia, portanto, visto como uma prática preferencial frente às atividades de processamento de resíduos. A reutilização abrange 5 dimensões: tecnológico, econômica, ecológica, sociocultural e legal (StEP, 2009). A capacidade de criar políticas e práticas que impedem ou reduzem impactos negativos ambientais e de saúde associados aos REEEs depende de uma profunda compreensão da geração e caracterização destes materiais (BABBITT; WILLIAMS; KAHHAT, 2011) e agregar valor de reutilização ao bem de pós consumo (ACOSTA; PADULA; PÉREZ, 2011).

Leite (2006) atribui o termo Bem de Pós Consumo aos produtos com ciclo de vida útil entre muitas semanas e anos. Decorrido esse tempo, são descartados pela sociedade, de diferentes maneiras.

É importante acrescentar que, no Brasil, algumas grandes marcas fabricantes de EEEs mantêm programas específicos de coleta desses equipamentos, ao final de sua vida útil, com garantias de destruição de possíveis informações, descaracterização do EEE e certificação de que o destino final e ambientalmente correto será executado.

2.3.2 Reciclagem e reparo

A reciclagem é uma opção de recuperação do produto que envolve técnicas para a criação de novos insumos a partir do lixo, com a vantagem de gerar menor pegada de carbono, se comparada com aquelas geradas na produção de matérias primas em produtos acabados, que representa um consumo de carbono muito maior (RAVI, 2012). São técnicas aplicadas no aproveitamento dos resíduos, de modo que possam ser reutilizados no ciclo produtivo ao qual foram manufaturados ou, em algum outro ciclo, mesmo que paralelo (SANTOS *et al.*, 2014). Este processo inicia-se com a desmontagem dos produtos descartados, segregando-se seus materiais internos de acordo com a categoria a qual se encaixam (THIERRY *et al.*, 1995).

O parágrafo XIV do artigo 3º, capítulo II da Lei Nº 12.305, promulgada em 02 de agosto de 2010 define a reciclagem como sendo:

“O processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do meio Ambiente (SISNAMA) e, se aplicável, Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA)” (BRASIL, 2010).

A reciclagem de REEEs tende a ser um processo mais complexo do que o reuso. Placas de circuito impresso representam um tipo de lixo de difícil descarte e reciclagem por causa da variedade de componentes presentes, que são fixados por meio de solda. A separação desses componentes eletrônicos para reuso depende da remoção da solda, que é um processo complexo (CANAL-MARQUES *et al.*, 2014).

Não obstante, outros componentes que utilizam plásticos, borrachas, cerâmicas e outros tipos de metais em sua composição são de difícil substituição, além disso, difíceis de serem encontrados no Brasil. Um bom exemplo são os capacitores, que armazenam e filtram a energia elétrica que alimentará o processador. Um capacitor avariado somente poderá ser substituído por outro de mesmas especificações técnicas. Outro aspecto relevante é o fato de que a soldagem desses componentes é feita por um processo “a frio”, para preservar a integridade de alguns componentes que apresentam restrições ao calor de um ferro de solda comum.

Erüst *et al.* (2013) afirmam em seu estudo que, a reciclagem por meio de piro e hidro processos têm sido bem-sucedidos na recuperação de metais preciosos existentes nos REEEs. No entanto, empresas de reciclagem deste tipo de material ainda estão em fase de desenvolvimento e não têm a tecnologia, técnica e processos adequados para tratar a enorme quantidade de sucata eletrônica produzida.

2.3.3 Destinação final

O encerramento de vida útil dos REEEs ocorre quando todas as opções de reparos, reutilização e reciclagem desses materiais tornam-se inviáveis. Neste caso, não é possível nenhum tipo de utilização do equipamento, por conta de avarias irreparáveis ou mesmo, sua própria obsolescência.

Os REEES são definidos como uma mistura de diversos materiais, em particular, cobre, alumínio e aços, presos em diferentes tipos de plásticos e cerâmicas. A separação desses materiais depende de processos mecânicos e metalúrgicos (Hidro, Piro, Eletro e Biometalúrgicos) (KAMBEROVIC *et al.*, 2009).

Tais materiais compreendem os microcomponentes eletrônicos como transistores, micro fusíveis, resistores, diodos, capacitores e condensadores que são fixados em uma placa fina de material isolante. A interconexão de todos estes componentes é feita por meio de soldas de chumbo e estanho em caminhos condutores que são desenhados fisicamente nestas placas. Portanto, a separação física dos componentes eletrônicos presentes nas placas de circuito integrado é um processo complexo, que depende de tecnologias específicas, como a hidrometalurgia, pirometalurgia, eletrometalurgia e também a biometalurgia.

2.4 VISÃO GERAL DAS DIRETIVAS E LEIS

Os REEEs constituem um tipo diferente de lixo, composto por diversos materiais sólidos que, em contato com agentes do tempo, tornam-se potenciais focos de poluição ambiental. Outro fator agravante é o fato de representarem fatores de riscos para a saúde de crianças e adultos, especialmente nos países em desenvolvimento. Segundo Nnorom e Osibanjo (2008), esses países estão enfrentando enormes desafios na gestão dos REEEs, tanto geradas internamente, quanto exportadas ilegalmente como mercadorias de segunda-mão, no chamado fosso digital.

Considera-se notório o fato que, na sociedade contemporânea, os EEEs tornaram-se uma necessidade e, os REEEs, uma consequência passível de modelos adequados de gestão, para reduzir ao máximo, os riscos de contaminação ambiental e humana. Entretanto, a adequação de novos processos e novas culturas demandam investimentos em infraestrutura e pessoal capacitado para coordenação das operações. Neste caso, as diretrivas e leis têm um papel fundamental para encorajar todas as partes envolvidas no contexto de REEEs, à destinação final ambientalmente correta. Existem duas diretrivas básicas que devem ser observadas na gestão de REEEs, que focam na redução do impacto negativo sobre o ambiente, por parte da toxicidade dos componentes eletrônicos, que são as Diretrivas RoHS e WEEE.

2.4.1 Diretiva RoHS – *Restriction of Hazardous Substances*

A restrição de materiais e substâncias consideradas perigosas ao meio ambiente e às pessoas é prevista na Diretiva Europeia 2002/95/CE, aprovada em 27 de janeiro de 2003. A principal referência desta diretiva é descrita no artigo 4º, onde define que os Estados-Membros da União Europeia (EU) asseguraram que, a partir de 1º de julho de 2006, os novos EEEs colocados no mercado não contenham chumbo (Pb), mercúrio (Hg), cádmio (Cd), cromo hexavalente (CR VI) e poli-bromobifenilo (PBB) e/ou éter difenilo polibromado (PBDE) (EU, 2002).

Os vapores de chumbo exalados durante a produção e montagem dos circuitos eletrônicos são potenciais causadores de danos à saúde humana. Por este motivo, a substituição das soldas de estanho-chumbo nas manufaturas têm sido o alvo de muitos esforços a nível global (ALMEIDA *et al.*, 2013).

O mercúrio, quando disperso na água, torna-se um componente chamado metil mercúrio, com propriedades de fácil acumulação em qualquer organismo vivo, por meio da própria cadeia alimentar. O cádmio exala um tipo de vapor que pode ser absorvido por inalação ou mesmo impregnar alimentos, enquanto que os PBBs e PBDEs acumulam-se biologicamente na cadeia alimentar (HORNE; GERTSAKIS, 2006).

De certo modo, os esforços empreendidos pela Diretiva ROHS aparecem como incentivo para a criação de componentes eletrônicos com menores quantidades de elementos tóxicos ou mesmo, a substituição dos materiais tóxicos por outros que ofereçam as mesmas funcionalidades, porém, sem níveis de toxicidade ambiental.

2.4.2 Diretiva WEEE – *Waste of Electrical and Electronic Equipments*

A Diretiva Europeia 2002/95/EC, também aprovada em 27 de janeiro de 2003 relata no seu artigo 7º, a preocupação com o aumento na quantidade de REEEs na comunidade europeia. No artigo 9º, está prevista a responsabilidade do produtor de EEEs sobre seu produto e a responsabilidade compartilhada dos distribuidores que utilizam canais de venda à distância. O artigo 12º incentiva a produção de EEEs com *design* que facilite sua atualização, desmontagem, reutilização e reciclagem. Por fim,

o artigo 22º descreve que os produtores devem informar sobre a identificação os componentes e materiais presentes nos EEEs (EU, 2002).

A parte que compete aos usuários de EEEs está relacionada no artigo 20º, o qual descreve que os usuários do setor doméstico que tenham REEEs para descarte, possam entregá-los aos organismos competentes, sem nenhum tipo de encargo ou ônus. No artigo 21º, é descrita a obrigação dos utilizadores de EEEs não depositarem seus REEEs juntamente com outros tipos de resíduos, ou seja: os REEEs devem caracterizar um tipo único de lixo, sem nenhum outro tipo de lixo misturado (EU, 2002).

Em 4 de julho de 2012 foi promulgada a reformulação desta diretiva, sob o número 2012/19/EU, complementando inclusive, a Legislação Geral da União, na Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro de 2008. Dentre algumas adições nesta reformulação, estão a reciclagem e valorização desses resíduos, para serem utilizados como matérias primas secundárias, reduzindo-se o consumo de recursos ambientais e o estabelecimento de um elevado nível de coleta de REEEs, com maior foco nos equipamentos de refrigeração e congelação que comprometem a camada de ozônio e os gases fluorados que contribuem para o aumento do efeito-estufa.

O mercado secundário teve um crescimento relevante de 2005 a 2010. Uma das principais razões é que tem se prestado mais atenção na questão da responsabilidade do produtor sobre seus produtos obsoletos ou em final de vida útil, imposta pelos governos nos EUA, Europa e Japão (ROGERS; ROGERS; LEMBKE, 2010). Essa mudança de atitude por parte dos governos, a legislação específica para os REEEs, juntamente com a transferência de tecnologia para sua reciclagem, são questões-chaves para a gestão desses materiais nos países em desenvolvimento (NNOROM; OSIBANJO, 2008).

Percebe-se que os itens da Diretiva são voltados especialmente para as placas de circuito impresso (PCB), tendo em vista que representam a parte mais difícil de ser destinada corretamente, por caracterizar um composto homogêneo, que não pode ser desmontado manualmente.

As Diretivas RoHS e WEEE praticamente definiram os caminhos a serem seguidos pelos produtores e usuários de EEEs. Na França, por exemplo, o Decreto nº 2005-829, assinado em 20 de julho de 2005 e publicado no Jornal Oficial da República Francesa em 22 de julho de 2005, tem como foco, a composição dos EEEs e a eliminação dos REEEs sob regras revistas e adaptadas ao país. O mesmo ocorre na Alemanha, Áustria, Suíça e os países componentes da EU.

Em resumo, as Diretivas contemplam os conceitos de Princípio da Precaução (evitando-se altas quantidades de materiais tóxicos para a fabricação de EEEs), Poluidor Pagador (o produtor de EEEs deve suportar os custos dos investimentos em medidas preventivas para a neutralização dos possíveis impactos ambientais) e Responsabilidade Estendida do Produtor (o produtor utiliza materiais perigosos para a fabricação do EEE em quantidades toleráveis e, após o encerramento do uso, recolhe os REEEs, prevenindo-se que estes sejam descartados em locais inapropriados).

2.4.3 Leis – República da China

O governo chinês também introduziu um conjunto de diretrizes para a gestão de REEEs em rápida resposta à sua própria geração de REEEs e às leis introduzidas em outros países, como Japão, Estados Unidos, Canadá e Austrália, em especial, às Diretrizes RoHS e WEEE, tendo em vista que a EU exerce grande influência sobre as exportações de EEE da China (ONGONDO; WILLIAMS, 2009). Os fabricantes chineses também estavam atentos para a adoção e implementação dos itens presentes na Diretiva RoHS, tendo em vista que, como membros participantes das cadeias de suprimento globais, teriam que responder positivamente a estas pressões (DOU; SARKIS, 2013).

Em 28 de fevereiro de 2006 foi promulgado o conjunto de Medidas para a Administração do Controle de Poluição de produtos de Informação Eletrônicos na China, que passou a vigorar somente em 1 de março de 2007. O pilar central desta diretiva é a restrição dos mesmos 6 componentes (Chumbo, Mercúrio, Cadmio, Cromo VI, PBB e PBDE), que são utilizados na fabricação dos EEEs, disposto no artigo 3º, parágrafo 4º. O descumprimento dos itens desta diretiva implica em sanções previstas nos artigos 22, 23 e 24.

Além das novas diretrizes para os REEEs, desde o desempenho ambiental, ciclo de vida do EEE, algumas delas foram emitidas ou atualizadas somente entre 2008 e 2011 na China e EU. A proposta não era somente trazer uma tecnologia e gestão ambientalmente saudáveis, mas também garantir uma atividade comercial dos EEEs entre países, no futuro (ZENG *et al.*, 2013).

Entretanto, Qu *et al.* (2013) afirmam que a maior das barreiras para que exista o respeito ambiental por meio da gestão de REEEs não está relacionada com tecnologias de tratamento para estes materiais, mas sim, a eficiente coleta dos REEEs.

2.4.4 Leis – Estados Unidos da América

O modelo governamental dos Estados Unidos da América delega autonomia a seus estados, para elaborarem e aplicarem suas próprias leis. No campo de responsabilidades sobre os REEEs, em 2013, 25 estados haviam promulgado leis específicas para o retorno de REEEs em especial, para computadores (*notebooks* e *laptops*), teclados, *mouses*, impressoras, monitores de vídeo dentre outros. Em alguns estados, posteriormente foram adicionadas as TVs (ELECTRONICS TAKEBACK COALITION, 2013). Assim, 25 estados norte-americanos possuem leis específicas para o tratamento e descarte de REEEs com base nas Diretivas RoHS e WEEE: Califórnia, Carolina do Norte, Carolina do Sul, Connecticut, Hawaii, Illinois, Indiana, Maine, Maryland, Michigan, Minnesota, Missouri, Nova Jersey, Nova Iorque, Oklahoma, Oregon, Pennsylvania, Rhode Island, Texas, Utah, Vermont, Virginia, Virginia do Oeste, Washington e Wisconsin.

Com exceção dos estados da Califórnia e Utah, que adotam também a responsabilidade do consumidor sobre os REEEs, todos os estados relacionados adotam o conceito de responsabilidade do produtor, ao qual as manufaturas devem pagar pela reciclagem. Assim, 65% da população norte-americana está devidamente amparada por leis referentes à reciclagem de REEEs (ELECTRONICS TAKEBACK COALITION, 2013).

2.4.5 Leis – Brasil

No Brasil, a Lei nº 12.305, promulgada em 02 de agosto de 2010 instituiu a PNRS. O conceito de responsabilidade compartilhada também é descrito nesta Lei, no Artigo 33, item V, que obriga as empresas produtoras de EEEs a criar e implementar sistemas de LR, para coletar os produtos que são descartados pelos

consumidores, após seu uso. Entretanto, com modo de operação independente dos serviços públicos de limpeza urbana existentes e também da participação de importadores, comerciantes, distribuidores e até mesmo fabricantes (BRASIL, 2010).

O Artigo 3º, item XVII descreve a Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida dos Produtos, como sendo:

“O conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental, decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta lei” (BRASIL,2010).

No estado de São Paulo, a Lei nº 13.576, promulgada em 06 de julho de 2009 estabeleceu “normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico”. O item I do Artigo 2º desta Lei define lixo tecnológico como sendo componentes e periféricos de computadores (SÃO PAULO, 2009). Embora a Lei seja bastante abrangente, o parágrafo 2º descreve que o tratamento de componentes eletrônicos e REEEs que contenham metais pesados ou materiais tóxicos somente poderão ser feitos mediante licença expedida pela Secretaria de Meio Ambiente, que poderá exigir a realização de estudos sobre o impacto ambiental para a autorização (SÃO PAULO, 2009).

Em 01 de junho de 2016, a diretoria da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) estabeleceu, por meio da Portaria Nº 120/2016C, os procedimentos para o licenciamento ambiental de estabelecimentos envolvidos no sistema de logística reversa, para a dispensa do Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (CADRI) e para o gerenciamento dos REEEs pós consumo e outras providencias. A resolução prevista no item V do documento descreve que, embora os REEEs sejam classificados como produtos perigosos, eles poderão ser tratados como não perigosos, somente nas etapas de não separação de seus componentes, em que não ocorra a exposição a possíveis materiais tóxicos.

Embora a Lei nacional nº 12.305 (PNRS) seja bastante abrangente para as diretrizes de tratamento de resíduos sólidos, em nenhum momento, ela é específica no que tange aos REEEs. Não é adequado que os REEEs sejam descartados e

processados com outros tipos de resíduos sólidos, como madeira, concreto, ferro, entulho e outros por causa da quantidade de substâncias tóxicas presentes, que são prejudiciais ao meio ambiente (BRASIL, 2016)

Por outro lado, a Lei estadual nº 13.576 evidencia a necessidade de um modelo específico para tratamento dos REEEs. Entretanto, as disposições descritas no parágrafo 2º podem caracterizar burocracias desencorajadoras para empresas interessadas em desempenhar atividades de tratamento de REEEs.

Conclui-se que a legislação brasileira para o descarte de REEEs contempla a questão da coleta, ao invés da utilização de substâncias consideradas perigosas para a manufatura de EEEs. Desta forma, é possível observar 2 cenários: o primeiro deles com foco no público que adquire os periféricos necessários para customizar a construção de seu próprio computador a partir de diferentes fabricantes. O segundo cenário é focado na venda de computadores padronizados por grandes empresas como DELL®, HP®, LENOVO®, POSITIVO® dentre outras, que se responsabilizam pela coleta do equipamento, quando este não atende mais às expectativas do usuário, sem custos extras.

2.4.6 Fatores determinantes para a implementação de LR de REEEs

A implementação de mecanismos e práticas de LR demanda o Equacionamento dos custos quando considerados o armazenamento, o transporte e o estoque. A alta administração deve contemplar a sustentabilidade com base no *Triple Bottom Line* (TBL), provendo os investimentos em tecnologia, necessários para produção limpa e pessoal capacitado, além do comprometimento com os clientes (PUMPINYO; NITIVATTANANON, 2014). As questões relativas à gestão, infraestrutura, financeira e políticas são fatores determinantes para a implementação de LR (ABDULRAHMAN; GUNASEKARAN; SUBRAMANIAN, 2012).

Outros aspectos relevantes a serem considerados são as forças regulatórias (leis), forças dos mercados (competitivas, estratégias de mercado) e forças sociais (responsabilidade social e sustentabilidade) (WIEL; BOSSINK; MASUREL, 2012).

2.4.7 Destino dos REEEs e a Responsabilidade Compartilhada

O descarte incorreto de REEEs é potencialmente perigoso para o meio ambiente (ZENG *et al.*, 2013), principalmente em conjunto com outros tipos de resíduos, fato que dificulta a reciclagem (PUMPINYO; NITIVATTANANON, 2014). A composição do lixo eletrônico contém metais pesados em sua grande maioria, além de outros materiais difíceis de reciclar, daí a necessidade de normativas legais (SANT'ANNA; MACHADO; BRITO, 2014).

No âmbito empresarial, deduz-se que muitas empresas não têm o devido conhecimento sobre o destino dos REEEs (LIU *et al.*, 2014). Desta forma, em muitos casos, ao invés de o proprietário (consumidor final) retornar seu produto eletroeletrônico ao varejista, ele o entrega ao atacadista que, por sua vez, pode descartá-lo em algum aterro, com a coleta do lixo comum (ABDULRAHMAN; GUNASEKARAN; SUBRAMANIAN, 2012).

A responsabilidade deve ser compartilhada, primeiramente pelo fabricante e, por último, de todos os envolvidos na cadeia produtiva (revendedores, usuários, varejistas) (SANT'ANNA; MACHADO; BRITO, 2014). Na China, as produtoras de EEE obedecem ao conceito de responsabilidade compartilhada entre os parceiros (distribuidores), que são responsáveis pela coleta e entrega do REEEs para os recicladores (ZENG *et al.*, 2013). Estes, por sua vez, são responsáveis por reuso, desmontagem e descarte final. Atualmente, a responsabilidade é compartilhada entre as empresas envolvidas com os Equipamentos Eletroeletrônicos (BOUZON; GOVINDAN; RODRIGUEZ, 2014).

2.4.8 Contribuições da logística reversa com o descarte adequado de REEEs

Embora exista a desvantagem do alto custo, existem vantagens exclusivas para o setor. Para o bem-estar social, uma empresa deste tipo não pode existir sem o apoio do governo, que fornece algumas iniciativas para aumentar o volume de reciclagem. Um nível de subsídios permitirá que os recicladores formais ofereçam melhores preços de aquisição, fortalecendo a posição em que se encontram (LIU *et al.*, 2014).

No sentido real destaca-se o fato de que, as melhores operações de LR conduziriam ao aumento de receita de vendas, além de reduzir os custos operacionais (ABDULRAHMAN; GUNASEKARAN; SUBRAMANIAN, 2012).

A LR pode contribuir para o descarte adequado, sem prejuízos ambientais dos REEEs, mas nem sempre é lucrativa. Alguns computadores coletados viajam longas distâncias desde o ponto de coleta até o ponto de descarte, consumindo até 3 dias. A falta de infraestrutura gera mais custos do que benefícios, além da carência de leis bem elaboradas (SANT'ANNA; MACHADO; BRITO, 2014).

Em virtude da PNRS, o “status quo” do Brasil pode ser modificado, também influenciando as empresas a cooperarem com práticas adequadas para produtos em fim de vida (BOUZON; GOVINDAN; RODRIGUEZ, 2014).

A LR tem o aval de leis na União Europeia e na China, mas as diferentes situações entre as duas estruturas fazem com que as leis sejam cumpridas de modo diferente. A LR pode contribuir com as leis (ZENG *et al.*, 2013). Desta forma, quanto mais REEEs são processados, mais aumenta a rotatividade de material vendável (PUMPINYO; NITIVATTANANON, 2014).

2.5 PRINCIPAIS BARREIRAS QUE DIFICULTAM A LOGÍSTICA REVERSA DE REEEs, SEGUNDO A REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com a literatura, as questões ambientais relativas às movimentações transfronteiriças dos REEEs tiveram origem na Suíça, no ano de 1998, com a assinatura da Convenção da Basileia (SANT'ANNA; MACHADO; BRITO, 2014). Cinco anos depois, em 27 de janeiro de 2003, a Comissão do Parlamento Europeu promulgava a Diretiva 2002/96/CE, que definiu normativas ambientais aplicadas aos REEEs.

A percepção sobre a importância do fluxo de REEEs e de seu impacto para o ambiente foi o fator motivador para que os países da União Europeia apresentassem a Diretiva sobre REEEs no ano de 2002, sendo esta aprovada em 2005 (ZENG *et al.*, 2013). A Convenção da Basileia, por exemplo, exigiu o fim do descarte de REEEs não tratados em locais como a região de Lagos, na Nigéria (FROTA NETO; WASSENHOVE, 2013).

A União Europeia também voltou seus esforços para desenvolver a consciência entre as empresas de economias emergentes, sobre os efeitos das normas para REEEs, destacando a China, como uma economia com bom nível de consciência ambiental (ABDULRAHMAN; GUNASEKARAN; SUBRAMANIAN, 2012). No Brasil, o artigo 5º do Capítulo I, Decreto nº 7.404, promulgado em 23 de dezembro de 2010, passou a estabelecer o compartilhamento das responsabilidades relacionadas à questão do ciclo de vida de produtos entre os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e também, aos responsáveis pelos serviços públicos de limpeza urbana e manuseio de resíduos sólidos. (BRASIL, 2010).

Embora a LR seja um tema que tenha recebido muita atenção nos últimos anos, ainda é considerada um conceito novo, com poucos estudos, especialmente em relação aos REEEs (WIEL; BOSSINK; MASUREL, 2012). A LR de resíduos sólidos é um sistema complicado que envolve aspectos sociais, econômicos e ambientais, que nem sempre podem ser justificáveis do ponto de vista econômico (PUMPINYO; NITIVATTANANON, 2014). Entretanto, em função das pressões governamentais, a implementação de LR de REEEs é desafiada por diferentes *stakeholders*, tanto internos, quanto externos (ABDULRAHMAN; GUNASEKARAN; SUBRAMANIAN, 2012). Ainda assim, os aspectos legais que regem o descarte dos REEEs no Brasil não evoluíram de acordo com o crescimento econômico, assim como em outros países em desenvolvimento (FROTA NETO; WASSENHOVE, 2013).

No chamado Grupo dos 8 (G8), composto pelos países industrializados mais democráticos do mundo (Canada, França, Alemanha, Itália, Japão, Rússia, Inglaterra e EUA), o Brasil aparece como convidado a participar das reuniões de cúpula, com assuntos pertinentes ao meio ambiente (BOUZON; GOVINDAN; RODRIGUEZ, 2014).

Por causa da nova política ambiental, a LR no Brasil tem ganhado força, mas a infraestrutura precária tem se mostrado como sendo um grande desafio para as empresas deste segmento (BOUZON; GOVINDAN; RODRIGUEZ, 2014).

Liu *et al.* (2016) elaboraram um estudo exploratório teórico descritivo para desenvolver um modelo de competitividade de preços entre os canais de recicladores formais e informais.

Abdulrahman, Gunasekaran e Subramanian (2012) promoveram um estudo quantitativo exploratório com a aplicação de *survey* para manufaturas do ramo de aço de construção, automotiva, eletrônica e informática, têxteis, plásticos, papéis e

produtos à base de papel. A survey baseada em escala Likert de 5 pontos foi utilizada para medir o grau que determinadas variáveis de barreira impacta sobre a implementação da LR nas empresas de foco.

Pumpinyo e Nitivattananon (2014) escreveram um estudo de caso qualitativo e quantitativo exploratório com entrevistas com experts dos centros de separação, seus clientes e pessoas das industrias que compram o lixo reciclável e auxílio da literatura para identificar os fatores que limitam as práticas de LR. Também foi enviada survey para identificar os fatores que limitam essas práticas de LR. O questionário foi dividido em 3 partes: Informações gerais, investigação sobre as opiniões dos gestores sobre os fatores que influenciam e, por fim, a determinação das barreiras para as práticas logísticas.

Frota Neto e Wassenhove (2013) promoveram uma pesquisa qualitativa e quantitativa exploratória, com a realização de um questionário para 49 fabricantes com 54 produtos, para identificar o grau de participação das empresas de manufatura de produtos originais eletrônicos (*notebooks* e *desktops*), nos programas de retorno destes componentes.

Sant'anna, Machado e Brito (2014) desenvolveram uma pesquisa qualitativa baseada em revisão de literatura sistemática no acervo de periódicos da CAPES, SCOPUS, SCIELO e WEB OF SCIENCE, publicados nos últimos 5 anos. Também foram utilizados livros e sites oficiais dos governos dos países estudados. A pesquisa ocorreu entre 23 de junho de 2013 e 13 de agosto de 2013 e teve o propósito de estudar os marcos legais que regulamentam as experiências internacionais de gestão de REEE, na Suíça, Índia, China e Estados Unidos, para compará-los com a legislação brasileira.

Zeng *et al.* (2013) promoveram uma pesquisa qualitativa exploratória utilizando o método de estudo de caso, para comparar o modelo que abrange a legislação relacionada com todo o ciclo de vida do produto eletrônico e lixo eletrônico, para descrever os fluxos na União Europeia e na China, destacando o processo de desenvolvimento da gestão de REEEs na China.

Bouzon, Govindan e Rodriguez (2014) elaboraram uma revisão de literatura sistemática, onde identificou-se 25 barreiras que foram divididas em 7 categorias, para a elaboração de um modelo analítico. As barreiras foram identificadas em um panorama internacional e sua interação foi analisada no contexto brasileiro.

Wiel, Bossink e Masurel (2012) elaboraram um estudo de natureza empírica, ao qual entrevistaram 10 experts em LR e gestão de resíduos em diferentes empresas tipo berço-a-berço, na Holanda. Foi aplicada uma *survey* para confirmar o teste de 7 hipóteses. O artigo visa reduzir o “gap” existente na literatura, explorando como as empresas conduzem seus processos de LR, dentro do conceito de berço-a-berço, focando na redução de desperdícios e quais os fatores que devem ser considerados para um modo de trabalho eficiente e eficaz.

Dixit e Vaish (2015) elaboraram um estudo exploratório com revisão de literatura sobre as barreiras da LR identificadas, os modelos de coleta e incentivos desejados, sob a ótica dos consumidores, para determinar as preferências dos mesmos quanto à questão de armazenarem lixo eletrônico em suas casas, ao invés de retorná-los ao produtor.

2.6 PERCEPÇÃO DE AUTORES SOBRE AS BARREIRAS ENCONTRADAS QUANTO AO DESCARTE DE REEEs

A análise das barreiras encontradas nos artigos foi elaborada a partir da leitura de artigos alinhados ao tema, de modo a fornecer um panorama geral das dificuldades percebidas na gestão e descarte de REEEs.

Sobre os aspectos considerados como desfavoráveis, que caracterizam as barreiras para a implementação de mecanismos eficientes de LR, Liu *et al.* (2014) afirmaram que negociar REEEs em conformidade com normas ambientais é bastante complexo e caro, especialmente ao se lidar com materiais perigosos. A legislação ambiental continua a ser mal executada pelos governos da União Europeia, não sendo aplicada de modo correto, fato que contribui para a exportação de lixo eletrônico para países em desenvolvimento, por ser mais barato.

Liu *et al.* (2014) também citam como exemplo, o fato do descarte correto dos REEEs na Europa, com custo 4 vezes maior do que a exportação ilegal.

Em seu estudo, Abdulrahman, Gunasekaran e Subramanian (2012) identificaram o desinteresse pela alta administração das empresas, pouco tempo dedicado às atividades de LR, mudança nas prioridades funcionais entre e dentro das empresas, falta de projetos da Cadeia de Suprimentos corporativa, integrada com a

LR, falta de consciência do elevado valor de integrar operações como sendo as principais barreiras que dificultam a LR de REEEs.

Pumpinyo e Nitivattananon (2014) perceberam que a falta de experiência em práticas de LR, o baixo comprometimento da alta gestão, a falta de capital inicial e recursos para sistemas de monitoramento dos REEEs, as questões políticas, a ausência de leis executáveis e políticas de apoio econômico representam as maiores barreiras que dificultam a LR de REEEs.

Frota Neto e Wassenhove (2013) identificaram a existência de contrabandistas e importadores informais, a falta de comprometimento dos governantes, a falta de uma infraestrutura adequada para a reciclagem e remanufatura com os instrumentos políticos apropriados, o mercado pouco desenvolvido para uso de remanufaturados e a incerteza de ganhos potenciais e acumulados frente aos investimentos em remanufatura como sendo as barreiras que dificultam a LR de REEEs.

Sant'anna, Machado e Brito (2014), identificaram a falta de comprometimento dos governantes, a falta de estruturas para reciclagem deste tipo de lixo, a existência de muitos contrabandistas e importadores informais, instrumentos políticos inapropriados, a falta de núcleos adequados para a remanufatura, os mercados pouco desenvolvidos para certos produtos reutilizáveis e a incerteza de ganhos como sendo as principais barreiras da LR de REEEs.

Zeng *et al.* (2013) descreveram em seu artigo que, uma relevante barreira a ser superada para facilitar a LR de REEEs é a necessidade de se desenvolver produtos EEEs que facilitem o descarte correto após a perda de sua vida útil.

Bouzon, Govindan e Rodriguez (2014) afirmam que as questões competitivas e legais, as limitações financeiras, falta de comprometimento da alta gestão nas empresas, falta de um sistema de informações e também de recursos humanos capacitados representam as maiores barreiras da LR de REEEs.

Wiel, Bossink e Masurel (2012) identificaram a falta de conscientização, a falta de comprometimento da alta administração para a criação de canais reversos, a ausência de planejamento estratégico, as limitações financeiras e ausência de mão de obra qualificada como sendo as principais barreiras da implementação de LR de REEEs.

Percebe-se também a reatividade das empresas, quanto a adoção da LR para REEEs, além das questões governamentais e econômicas, em função da quantidade

de variáveis existentes e a dificuldade de adequá-las em um modelo conciso. Os REEEs são compostos por uma grande variedade de materiais diferentes, fabricados por diferentes empresas. De qualquer forma, muitos estudos examinaram 5 categorias desses materiais: metais ferrosos, não ferrosos, vidros, plásticos e outros materiais (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011). A recuperação desses materiais pode ser muito interessante para as empresas especializadas neste tipo de tratamento de lixo, quanto para o meio ambiente, que não será afetado por esta carga de resíduos de difícil decomposição.

A Tabela 1 demonstra uma síntese das principais barreiras identificadas na literatura, por ordem de proximidade de temas:

Tabela 1 – Barreiras da LR de REEEs, segundo os autores

Autores	Ano	Barreiras da Logística Reversa de REEEs														
LIU et al.	2014	X	Alto custo de operações de descarte correto de REEEs													
ABDULRAHMAN; GUNASEKARAN; SUBRAMANIAN	2012	X	X													
PUMPINYO; NITIVATTANANON	2014	X	X	X		X	X	X	X	X						
FROTA NETO; VAN WASSENHOVE	2013				X	X				X		X				
SANT'ANNA; MACHADO, BRITO	2014				X	X				X	X	X				
ZENG et al.	2013															X
BOUZON; GOVINDAN; RODRIGUEZ	2014	X	X	X				X	X							
van der WIEL; BOSSINK; MASUREL	2012	X	X	X											X	X
DIXIT; VAISH	2015	X					X	X		X	X					
Número de citações		2	4	4	3	2	4	4	2	2	3	3	2	2	2	1

Fonte: Elaborado pelo autor

2.7 REVISÃO DE LITERATURA – CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a revisão de literatura, conclui-se que as quatro barreiras mais citadas que dificultam a LR de REEEs são o baixo comprometimento da alta administração das empresas, a falta de mão de obra qualificada para as atividades da LR, a falta de comprometimento dos governantes e a falta de leis mais específicas para o tratamento e descarte de REEEs.

A barreira menos relevante foi identificada como sendo a ausência de técnicas para desenvolvimento de produtos que facilitem a LR de REEEs.

A falta de comprometimento dos governantes parece estar diretamente associada à falta de leis mais específicas para os REEEs. Desta forma, a falta de capital de investimento em sistemas de LR para REEEs parece não representar uma decisão prioritária das empresas, uma vez que os canais de distribuição diretos recebem mais atenção e cuidados, do que dimensionar espaço físico, mão de obra e outros itens necessários para se implementar um canal reverso.

A existência de contrabandistas e importadores informais caracteriza um tipo de barreira existente no Brasil, que dificulta o monitoramento e LR dos REEEs, tendo em vista que estes podem ser compostos por dispositivos de um grande número de fabricantes diferentes. Outro aspecto relevante diz respeito à incerteza de ganhos potenciais esperados com os investimentos em estruturas de remanufatura, fato que está diretamente relacionado com o mercado pouco desenvolvido para o uso de produtos remanufaturados ou reutilizáveis no Brasil.

Por fim, em todos os cenários analisados, conclui-se que devem ocorrer mudanças substanciais nas prioridades funcionais tanto internas, quanto externas, reduzindo-se assim os impactos causados pelas barreiras identificadas, de modo a viabilizar e aumentar as práticas de LR para os REEEs. A elaboração de um planejamento estratégico bem definido, que aborde a empresa como um todo pode facilitar a criação de um canal reverso com a infraestrutura física e bem aparelhada para o tratamento deste tipo de resíduo sólido. Outro aspecto importante observado é a existência de regulamentações e leis sobre o tratamento correto de resíduos sólidos, porém, nenhuma delas especificamente para REEEs, o que pode caracterizar um fator de dificuldade para a elaboração de uma política de apoio econômico.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para a elaboração da coleta, processamento e sintetização dos dados levantados, necessários para a geração das informações concretas, que servirão para a elaboração conclusiva deste estudo.

3.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Os esforços empregados para identificar e responder à questão sobre quais as barreiras percebidas que dificultam a LR de REEEs produzido pelas IES da cidade de São Paulo de modo ambientalmente adequado, caracterizam o propósito integral deste estudo.

Segundo Kothari (2004), um pesquisador deve encontrar o problema e formulá-lo de modo que se torne suscetível a pesquisa. Gil (2010) acrescenta que, a maneira mais adequada e direta de se formular um problema de pesquisa, ocorre por meio da elaboração de uma pergunta, além de facilitar a identificação para quem a consulta.

3.2 ESTRUTURA DA PESQUISA

A natureza da pesquisa desenvolvida neste estudo classifica-se como aplicada ou de campo, utilizada com o objetivo de obter informações e/ou conhecimentos acerca de descobrir novos fenômenos ou uma relação entre eles (MARCONI; LAKATOS, 2010). A pesquisa aplicada apresenta muita concordância com a pesquisa pura, pois depende dos resultados de suas descobertas e avançam o conhecimento teórico com o seu desenvolvimento (GIL, 2010).

A característica de abordagem é qualitativa, tendo em vista que o foco do estudo compreende a identificação das barreiras que dificultam a LR de REEEs nas IES da cidade de São Paulo, utilizando-se estatística descritiva.

A pesquisa qualitativa baseia-se na avaliação subjetiva de atitudes, opiniões e comportamento. Essa pesquisa em tal situação é uma função dos destaques e impressões do pesquisador (KOTHARI, 2004).

Trata-se de um tipo de pesquisa exploratória, tendo em vista que busca-se obter informações sobre as barreiras e dificuldades que limitam a LR de REEEs pelas IES da cidade de São Paulo.

Este estudo foi iniciado com base em um levantamento bibliográfico consistente acerca das barreiras que dificultam a LR de REEEs sem prejuízos ambientais, seguido de um levantamento de informações sobre os aspectos relevantes de seu descarte promovido pelas IES da cidade de São Paulo. Como instrumento para a coleta de dados, foi utilizado um questionário aplicado em uma pesquisa de campo com 137 IES na cidade de São Paulo.

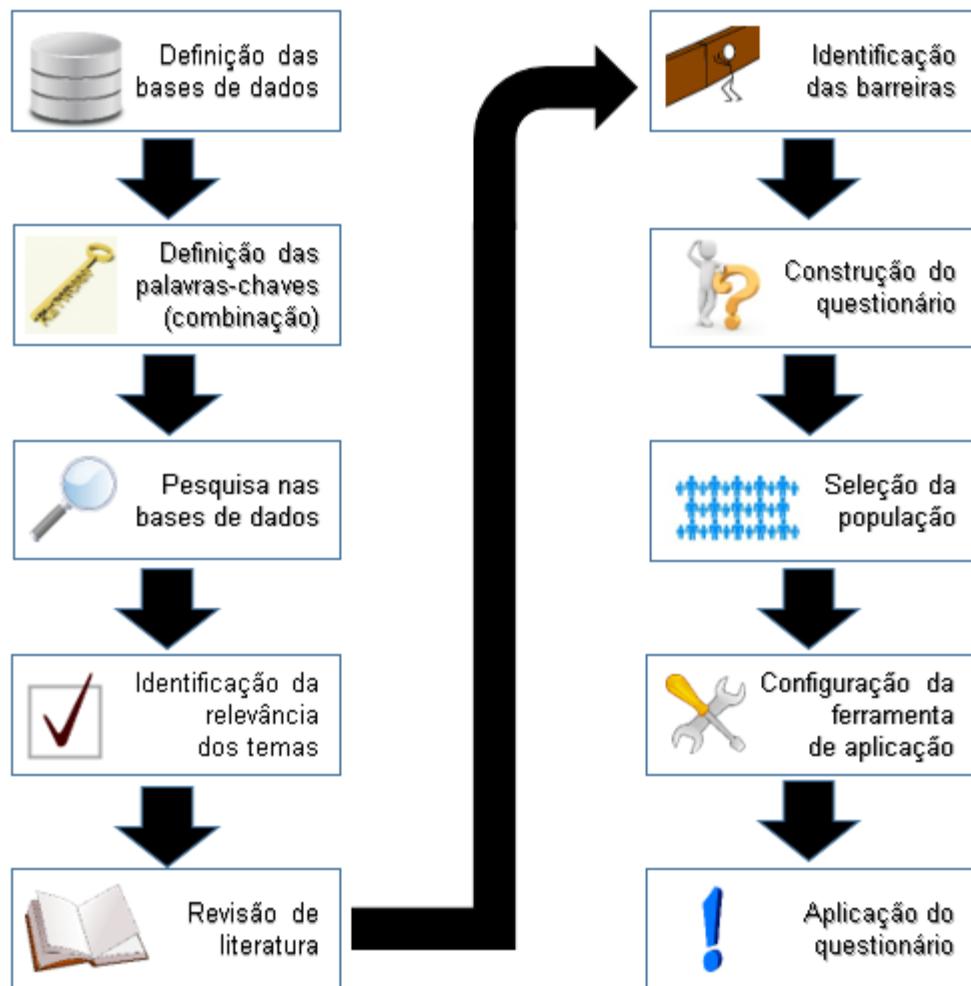
Segundo Forza (2002), um questionário envolve a coleta de informações por meio de indivíduos sobre eles mesmos ou sobre as organizações às quais pertençam, usando como instrumentos de coleta, questionários, entrevistas ou outros meios.

Para Kothari (2004), o levantamento de informações por meio de questionário significa obter informações a partir de pessoas que tiveram experiência prática com relação ao problema do estudo em questão. O objeto de pesquisa é obter uma visão sobre as relações entre as variáveis e novas ideias relacionadas com o problema de pesquisa. Os entrevistados devem ser cuidadosamente selecionados, de modo a contribuir com novas ideias, assegurando a representação de diferentes tipos de experiências.

3.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Para facilitar a compreensão da metodologia de pesquisa adotada neste trabalho, foi elaborada uma figura (Fig. 3) que apresenta graficamente as 10 etapas desenvolvidas, compreendendo a identificação da relevância dos temas a serem abordados no questionário, sua estrutura e os aspectos relevantes sobre as barreiras que dificultam a LR de REEEs pelas IES. Por fim, foi delimitada a população e configurada a ferramenta para a aplicação do questionário aos respondentes, por meio de e-mails e contatos telefônicos.

Figura 3 – Fluxograma das etapas de desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: elaborado pelo autor.

3.3.1 Etapa 1 – Definição das bases de dados utilizadas para o embasamento teórico.

A revisão de literatura acerca dos temas que abordam as barreiras e dificuldades existentes na LR de REEEs foi essencialmente relevante neste estudo. O levantamento de dados foi feito nos meses de outubro e novembro do ano de 2015, por meio de pesquisas parametrizadas com palavras-chaves lançadas nas bases de dados acadêmicas conveniadas com a Universidade Nove de Julho, Science Direct, Scopus, Capes, Proquest, Emerald e Scielo.

Foram selecionados 18 autores com 9 relevantes artigos sobre barreiras que dificultam a LR de REEEs. A relevância diz respeito à quantidade de artigos em que foram identificadas as barreiras, que representa a base fundamental deste estudo.

É importante reforçar que estes artigos focam as barreiras existentes na LR de REEEs de um modo geral, ou seja, sem abordagem de um segmento de negócio específico.

3.3.2 Etapa 2 – Definição das palavras-chaves

Inicialmente foram identificadas as palavras-chaves relevantes ao tema de barreiras e LR de REEEs, de acordo com um critério de importância:

Palavras em língua inglesa: 1 - *Reverse logistics*; 2 - *E-waste*; 3 - *WEEE*; 4 - *Electronic waste*; 5 - *Sustainability*; 6 - *Barriers*; 7 - *Difficulties*; 8 - *Obstacles*; 9 - *Critical*.

Palavras em língua portuguesa: 1 - Logística reversa; 2 - E-lixo; 3 - REEE; 4 - Lixo eletrônico; 5 -Sustentabilidade; 6 - Barreiras; 7 - Dificuldades; 8 - Obstáculos; 9 - Críticos.

O segundo passo foi a combinação das palavras-chaves em grupos adequados, respeitando-se as línguas inglesa e portuguesa, para a utilização nos mecanismos de busca das bases de dados. Esta definição foi necessária porque algumas bases de dados contêm artigos escritos na língua inglesa, como por exemplo, a Science Direct e a Emerald. As combinações criadas viabilizaram a execução de uma varredura bastante abrangente de artigos que contemplam a existência de barreiras que dificultam a LR de REEEs em diversos cenários. As combinações das palavras utilizadas estão demonstradas na Tabela 2:

Tabela 2 – Agrupamentos de palavras utilizadas nas buscas

Grupos de palavras em língua inglesa	Grupos de palavras em língua portuguesa
"reverse logistics""e-waste""sustainability"	"logistica reversa""e-lixo""sustentabilidade"
"reverse logistics""e-waste""barriers"	"logistica reversa""e-lixo""barreiras"
"reverse logistics""e-waste""obstacles"	"logistica reversa""e-lixo""obstáculos"
"reverse logistics""e-waste""difficulties"	"logistica reversa""e-lixo""dificuldades"
"reverse logistics""e-waste""critical"	"logistica reversa""e-lixo""críticos"
"reverse logistics""weee""sustainability"	"logistica reversa""reee""sustentabilidade"
"reverse logistics""weee""barriers"	"logistica reversa""reee""barreiras"
"reverse logistics""weee""obstacles"	"logistica reversa""reee""obstáculos"
"reverse logistics""weee""difficulties"	"logistica reversa""reee""dificuldades"
"reverse logistics""weee""critical"	"logistica reversa""reee""críticos"
"reverse logistics""electronic waste""sustainability"	"logistica reversa""lixo eletrônico""sustentabilidade"
"reverse logistics""electronic waste""barriers"	"logistica reversa""lixo eletrônico""barreiras"
"reverse logistics""electronic waste""obstacles"	"logistica reversa""lixo eletrônico""obstáculos"
"reverse logistics""electronic waste""difficulties"	"logistica reversa""lixo eletrônico""dificuldades"
"reverse logistics""electronic waste""critical"	"logistica reversa""lixo eletrônico""críticos"
"reverse logistics""sustainability""barriers"	"logistica reversa""sustentabilidade""barreiras"
"reverse logistics""sustainability""obstacles"	"logistica reversa""sustentabilidade""obstáculos"
"reverse logistics""sustainability""difficulties"	"logistica reversa""sustentabilidade""dificuldades"
"reverse logistics""sustainability""critical"	"logistica reversa""sustentabilidade""críticos"

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.3 Etapa 3 – Pesquisa nas bases de dados

Para obter maior refinamento nos resultados das pesquisas, foi utilizado o critério de busca avançada, que é disponibilizado por todas as bases de dados utilizadas. Este critério permite refinar as opções de busca, por meio de escolha do veículo de comunicação, combinação das palavras-chaves, área do conhecimento e o ano de publicação das pesquisas. O escopo de filtragem dos termos foi ajustado para retornar apenas artigos com as palavras-chaves presentes no título, no resumo e no campo de palavras-chaves.

O intervalo dos anos das publicações foi ajustado com início em janeiro de 2010, de modo a considerar apenas artigos que contemplam estudos mais recentes,

com término em dezembro de 2015. Além disso, considerou-se o fato de que a PNRS foi publicada no ano de 2010.

Cada grupo de palavras foi inserido exatamente como descrito na Tabela 2, totalizando 38 buscas em cada base e 228 disparos totais de busca. Por fim, somente os *journals* foram considerados, tendo em vista que contemplam publicações aprovadas mediante avaliações com maior número de critérios e maior rigor.

Foram identificados 11 artigos na base de dados Science Direct, 38 artigos na Scopus, 11 na Capes, 3 na Proquest, 1 na Emerald. Não foram encontrados estudos na base de dados Scielo, totalizando assim, 64 artigos científicos. As bases de dados escolhidas possuem acordo acadêmico com a Universidade Nove de Julho, possibilitando o *download* gratuito de muitos artigos.

Do total obtido, 15 artigos apareceram em mais de uma base de dados, porém, apenas uma foi considerada. 10 artigos foram identificados em bases de dados sem convênio com instituições educacionais do Brasil, dos quais, 1 deles foi considerado no estudo por estar em conformidade com o tema, sendo gentilmente cedido pelo autor. Por fim, 3 artigos de congressos e outros 29 artigos foram removidos do estudo por apresentarem foco em aspectos diferentes de barreiras da LR.

Em resumo, 9 artigos foram selecionados como relevantes para este estudo, contribuindo com informações conclusivas para que fossem devidamente considerados. Todos apresentam informações relevantes sobre a questão das barreiras que impactam na LR para REEEs. Embora o intervalo de tempo inicie-se em 2010, os artigos datam dos anos de 2012, 2013, 2014 e 2015, indicando os três últimos anos como sendo relevantes para o tema.

3.3.4 Etapa 4 – Identificação da relevância dos temas

Entende-se que a preocupação com o problema do aumento de REEEs foi gradativamente sendo percebida por diversos países, frente às pressões governamentais, que passaram a responsabilizar a todos os envolvidos com a movimentação dos REEEs. De acordo com o ano de publicação, os artigos aprovados em 2014 aparecem em maior número, seguido pelos aprovados no ano de 2013 e apenas um nos anos de 2012 e 2015. É importante reforçar que este estudo é

delimitado apenas por artigos disponíveis nas bases de dados acadêmicas relacionadas no escopo metodológico.

O Gráfico 1 demonstra uma comparação entre os anos em que foram feitas as pesquisas:

Gráfico 1 – Comparativo dos anos de publicações dos artigos

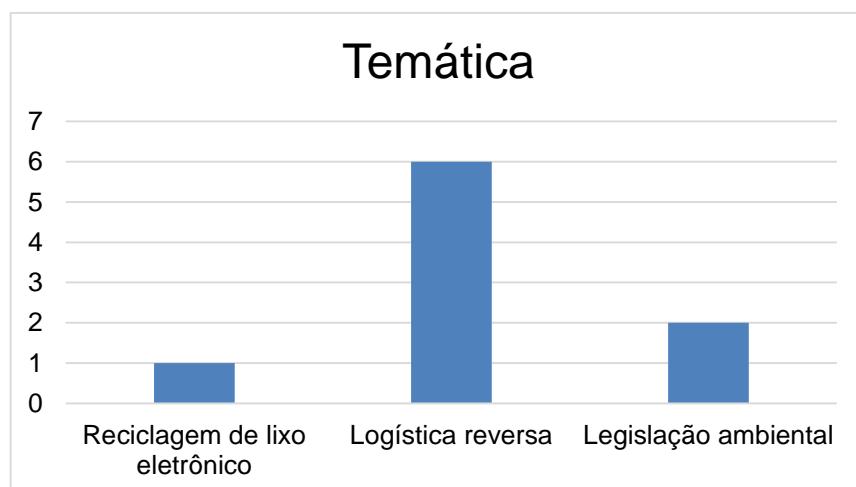


Fonte: Elaborado pelo autor.

A maioria dos artigos utilizados neste estudo, têm a LR e suas barreiras como principal foco, seguido pelas questões de legislação e reciclagem de lixo eletrônico.

O Gráfico 2 demonstra uma comparação dos temas abordados pelos artigos, em que pode-se confirmar que mais de 50% do total, são temas relacionados com a LR.

Gráfico 2 – Comparativo das temáticas dos artigos

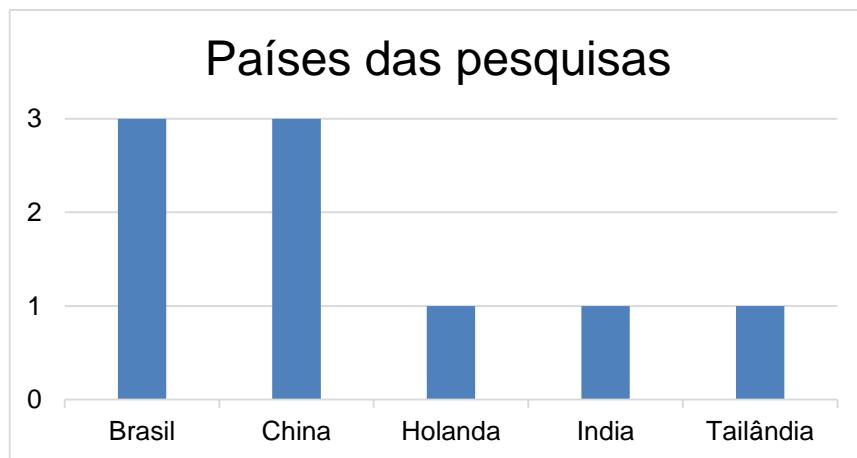


Fonte: Elaborado pelo autor.

Os países conhecidos como “economias emergentes” representaram os artigos mais significativos, totalizando 3 para a China, 3 para o Brasil e 1 para a Índia. 1 artigo elaborado na Tailândia, que é considerado um país de menor porte, em relação à China e Brasil também foi considerado. Por fim, 1 artigo elaborado na Holanda, esta última, considerada como país desenvolvido, complementou o estudo.

China, Índia, México e o Brasil representam as maiores economias emergentes. O Gráfico 3 descreve estes resultados:

Gráfico 3 – Comparativo dos países onde foram realizadas as pesquisas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os periódicos mais frequentes são os internacionais, compreendendo um total de 8 artigos obtidos. Apenas 1 artigo foi publicado na Revista de Gestão Social e Ambiental, de origem brasileira. Esta questão indica que há poucos estudos sobre barreiras que dificultam a LR em geral, no Brasil, sendo passível de compreensão, uma vez que a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi assinada apenas no ano de 2010.

O Gráfico 4 apresenta uma comparação entre a quantidade de publicações no Brasil e no exterior:

Gráfico 4 – Comparativo entre as publicações nacionais e internacionais



Fonte: Elaborado pelo autor.

A área de atividades da LR de REEEs passou a ser mais explorada na Europa, expandindo-se posteriormente ao redor do mundo e sofrendo constantes adaptações até os dias atuais. Todos os movimentos transfronteiriços de REEE ocorrem por meio da LR, uma vez que estes materiais são originários de EEEs que perderam ou tiveram sua funcionalidade reduzida, em função do aparecimento de novas tecnologias.

De todas as pesquisas, 5 são de natureza qualitativa exploratória, 3 são de natureza quantitativa exploratória e 1 aborda os dois escopos metodológicos. O Gráfico 5 apresenta uma comparação entre os tipos de pesquisa identificadas nos artigos obtidos na pesquisa:

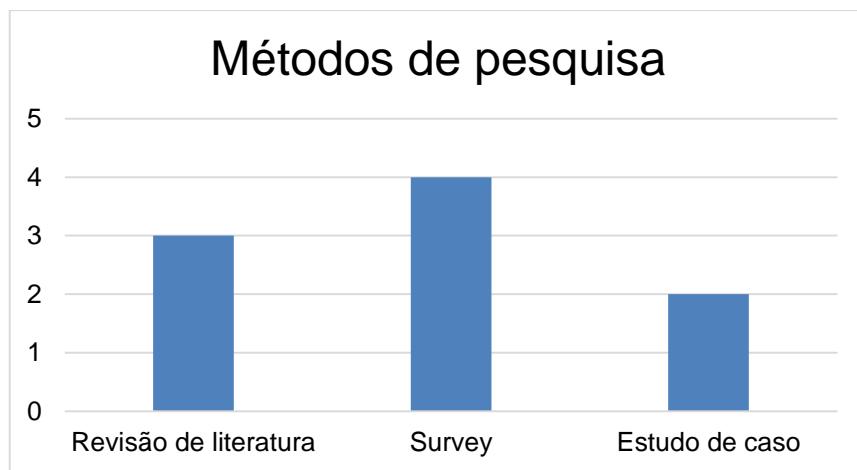
Gráfico 5 – Comparativo dos tipos de pesquisas realizadas nos estudos



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 6 apresenta o total de artigos agrupados por metodologia de pesquisa utilizada. Do total de 9 artigos, o método de revisão de literatura foi adotado em 3 deles, o método de *survey* foi adotado em 4 artigos, seguido por 2 estudos de caso.

Gráfico 6 – Métodos de pesquisa utilizados



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.5 Etapa 5 – Revisão de literatura

A revisão de literatura foi indispensável para embasar o escopo metodológico deste trabalho. O cenário de dificuldades existentes na manipulação e gestão de REEEs, incluindo-se sua LR, é semelhante em diversos países, portanto, os pontos de vistas e teorias elaboradas por renomados autores sobre o assunto foram abordados, enriquecendo o teor textual.

Para agregar maior valor a este estudo, também foram analisados 9 artigos com informações específicas com temas que abordam as barreiras que dificultam o descarte e a LR de REEEs, porém, em diferentes cenários e países.

Assim, a revisão de literatura descreve detalhadamente o amplo embasamento teórico deste trabalho.

3.3.6 Etapa 6 – Identificação das barreiras

A revisão de literatura de artigos que contemplam as barreiras existentes na LR de REEEs em diferentes cenários, possibilitou melhor compreensão sobre os problemas enfrentados por diferentes segmentos de negócio. A Tabela 3 descreve o número de citações encontradas em cada uma das barreiras identificadas:

Tabela 3 – Barreiras que limitam a LR de REEEs identificadas na revisão de literatura

Barreiras	Nr. de citações
Alto custo de operações de descarte correto de REEEs	2
Baixo comprometimento da alta gestão	4
Falta de mão de obra qualificada para as atividades de LR	4
Falta de capital de investimento	3
Existência de contrabandistas e importadores informais	2
Falta de comprometimento dos governantes	4
Falta de leis mais específicas	4
Falta de infraestrutura para monitorar os retornos	2
Falta de infraestrutura para a reciclagem / remanufatura	2
Falta de políticas de apoio econômico	3
Mercado pouco desenvolvido para uso de remanufaturados / reutilizáveis	3
Incerteza de ganhos potenciais frente aos investimentos de remanufatura	2
Falta de planejamento estratégico / integração com operações da SC	2
Mudanças em prioridades funcionais internas e externas	2
Desenvolvimento de produtos que facilitem a LR dos REEEs	1

Fonte: Elaborado pelo autor

As barreiras descritas na Tabela 3 serviram de base para a elaboração da pergunta 10 do questionário aplicado nas IES.

3.3.7 Etapa 7 – Construção do questionário

Assim, com base nas informações levantadas na revisão de literatura, com foco nas barreiras existentes na LR de REEEs, foram elaboradas 10 questões com o propósito de identificar os seguintes aspectos das IES:

- segmento educacional das IES;
- quantidade de computadores que compõem o parque de informática;
- quantidade de computadores e periféricos substituídos anualmente;
- grau de conhecimento dos colaboradores sobre o descarte de REEEs e leis que abordem este tema no Brasil;
- políticas institucionais existentes para o descarte dos REEEs;
- reaproveitamento de computadores obsoletos dentro da IES;
- processo de descarte dos REEEs;
- dificuldades observadas no processo de gestão e descarte de REEEs.

Por se tratar de um tema de relevante impacto ambiental, social e financeiro, uma vez que as IES refletem um papel positivista para a sociedade, optou-se pelo desenvolvimento de um questionário sem que o respondente ou a instituição tenham que se identificar. Não obstante, as questões não contemplam opções certas ou erradas, mas apenas informações gerais sobre a IES, a capacitação dos profissionais envolvidos, o papel da alta administração e as práticas aplicadas no processo de descarte de REEEs.

O questionário foi elaborado com a proposta de contribuir com a identificação das barreiras existentes na LR de REEEs pelas IES. Para isso, foi necessário construir um cenário abrangente sobre o processo de gestão dos REEEs nas IES, de modo a entender as dificuldades existentes para o descarte, por meio da LR, sem prejuízos ambientais e sociais destes materiais. Assim, cada uma das perguntas elaboradas deve refletir um aspecto relevante de cada IES, necessário para construir as discussões finais. As perguntas aplicadas estão descritas e comentadas a seguir:

Pergunta 1: Qual é o segmento educacional de sua empresa?

A proposta desta questão é identificar quais os níveis de ensino que cada IES oferece. É possível de entendimento que, diferentes ferramentas de softwares educacionais são utilizadas para os diferentes níveis de ensino. Não obstante, IES de ensino superior, que representam a abordagem principal deste estudo, demandam softwares específicos de acordo com os cursos que oferecem aos alunos. Por exemplo, é comum o uso de softwares para projetos de peças e plantas residenciais

/ empresariais em cursos de engenharia; outro *software* de uso bastante comum é o SPSS® da empresa IBM®, que tem como proposta, auxiliar o aluno na elaboração de estudos estatísticos de qualquer segmento.

É evidente o alto consumo de recursos computacionais e, consequentemente, a necessidade de atualização tecnológica, de acordo com as atualizações de *software*, *hardware* e o próprio sistema operacional em si.

Assim, traçando um panorama lógico, uma IES que oferta diferentes níveis de ensino e diversos cursos universitários, tende a utilizar maior quantidade de softwares com fins educacionais, portanto, maior quantidade de computadores e, consequentemente, maior geração de REEEs.

Pergunta 2: Quantos computadores há no parque de informática?

Esta questão complementa a questão 1, especificando o tamanho do parque de informática da IES, por meio da quantidade de computadores e dispositivos computacionais. As IES não são responsáveis pelo tratamento final dos REEEs, mas sim, pelos cuidados de movimentação e alocação do material obsoleto ou avariado dentro de seu espaço de trabalho. Entende-se a necessidade de existir um local apropriado para acondicionar estes materiais obsoletos, mantendo-os livre de contatos dos alunos e pessoas, tendo em vista os riscos que oferecem à saúde humana. Assim, em função do tamanho do parque de informática da IES, é possível identificar o tamanho de espaço necessário para acondicionar este material.

Pergunta 3: Em média, quantos computadores são substituídos no período de 1 ano?

Computadores e outros periféricos são parte do ferramental de ensino e aprendizagem contemporâneo. Permitem aproximar o aluno de situações reais, especialmente nas IES de nível superior, por meio de softwares específicos, na tentativa de acompanhar a realidade do mercado de trabalho. Em geral, é de entendimento que os laboratórios de informática das IES devem contemplar a homogeneidade da configuração técnica dos computadores e periféricos utilizados pelos alunos.

Pergunta 4: Você tem conhecimento sobre alguma lei que descreve os procedimentos adequados para o descarte correto de Equipamentos Eletroeletrônicos obsoletos ou avariados?

O propósito desta questão é identificar o grau de conhecimento dos colaboradores sobre os aspectos legais da gestão de REEEs. Esta questão está relacionada com a responsabilidade da IES sobre a movimentação e alocação de seus REEEs, de modo que, não representem riscos ambientais e às pessoas, porém, com base na PNRS.

Pergunta 5: Na IES, existe uma política para o descarte dos computadores e periféricos obsoletos, avariados e outros produtos eletroeletrônicos que esteja alinhada com a legislação vigente?

Esta questão visa identificar a existência de uma política institucional para o descarte ambientalmente correto de REEEs, sem que ofereçam prejuízos ao meio ambiente e às pessoas, porém, não obrigatoriamente baseada na legislação vigente. A identificação do grau de comprometimento da alta administração da IES com o descarte de REEE é salientada nesta questão.

Pergunta 6: Caso exista uma política interna para o descarte de equipamentos eletroeletrônicos obsoletos ou avariados, a sua implementação foi motivada porquê?

A pergunta 6 visa identificar a percepção da IES sobre os problemas que podem ser causados pelos REEEs. Esta pergunta somente deverá ser respondida em caso de resposta positiva na pergunta 5, tendo em vista que, segundo a revisão de literatura, notam-se aspectos relevantes a serem considerados, como por exemplo, a legislação vigente, aspectos ambientais e financeiros.

Pergunta 7: O que é feito com os computadores substituídos (obsoletos), porém, ainda em plenas condições de utilização?

Esta pergunta visa identificar o destino dos computadores e periféricos que

não mais atendem às necessidades dos usuários dentro das IES. O respondente pode assinalar mais de uma questão, pois podem haver diferentes políticas para o destino destes equipamentos, segundo as barreiras identificadas na revisão de literatura. De um modo geral, um computador em plenas condições de uso, pode ser utilizado para desempenhar tarefas que demandem menores recursos computacionais, entretanto, não é descartada a necessidade do descarte final, uma vez que, mesmo o sistema operacional necessário para o funcionamento do equipamento, não é suportado.

Pergunta 8: Com relação ao descarte final, como REEEs (equipamentos sem nenhuma condição de utilização ou totalmente avariados), como é feito o descarte?

Esta questão está relacionada estritamente com os REEEs, ou seja, os periféricos que não apresentam nenhuma condição de uso, em função de avarias físicas ou lógicas irreparáveis. Trata-se de discos rígidos, placas-mãe, fontes de alimentação, placas de vídeo e controladoras em geral. O respondente pode assinalar mais de uma resposta para esta questão, pois é sabido que diferentes destinos podem ser dados a este tipo de material, entretanto, nem todos são corretos. Desta forma, esta questão permite identificar o grau de responsabilidade da IES com o descarte de seus REEEs, principalmente em relação às questões ambientais e sociais.

Pergunta 9: Existem incentivos por parte da administração da IES, para o descarte correto de resíduos eletroeletrônicos ou sólidos, como por exemplo, lâmpadas fluorescentes, mobiliários, computadores, periféricos e outros EEEs?

Esta questão visa identificar o grau de responsabilidade da alta administração da IES com os resíduos sólidos por ela produzidos. De um modo geral, cada tipo de resíduo sólido deve ter um tipo adequado de tratamento. A revisão de literatura deste trabalho apresentou características particulares dos materiais que compõem os REEEs e os tipos de tratamentos necessários para que estes não ofereçam riscos ambientais e também às pessoas. Assim, fica evidente a necessidade de um processo de descarte exclusivo para os REEEs, de modo isolado a outras categorias de lixo. Esta resposta é binária, ou seja: visa identificar se existe ou não, incentivos para a

correta separação e destinação dos resíduos sólidos dentro das IES, por parte de sua alta administração.

3.3.8 Etapa 8 – Seleção da população

A cidade de São Paulo é um notório centro comercial da América Latina e, também o local onde origina-se esta pesquisa. Existem diversos sítios de internet que divulgam listas de faculdades e universidades por regiões, estados e municípios, com o propósito de auxílio para o estudante interessado no processo seletivo. O sitio escolhido foi o “Altillo.com” (2016), que abrange todos os países da América Latina e suas respectivas faculdades.

Por meio deste sitio, foi levantada uma lista com 137 nomes de universidades, centros universitários e faculdades com sede na cidade de São Paulo. Durante o período de contato com os respondentes, foi possível identificar que muitas das IES também ofereciam segmentos de estudo desde o nível infantil (pré-escola), até o ensino médio. Este total representa o universo de IES com sede na cidade de São Paulo. Em seguida, foi elaborada uma planilha com todos os nomes e seus respectivos telefones de contato, em especial, dos setores e responsáveis pela Tecnologia da Informação ou, gerência administrativa da Instituição.

3.3.9 Etapa 9 – Configuração da ferramenta de aplicação

A ferramenta Survey Monkey foi escolhida para facilitar a aplicação e coleta de dados do questionário. Ela permite que ajustes básicos sejam feitos nos questionários, antes de sua aplicação. Os critérios definidos pelo pesquisador para manter a confiabilidade das respostas são descritos abaixo:

- exibição do *link* ao respondente – permitindo apenas uma resposta;
- edição e modificação de respostas ativado durante o preenchimento do questionário;
- registro do número IP;

- resultados imediatos omitidos – o respondente não tem acesso aos números globais do estudo;
- tempo empregado para responder o questionário;
- data e hora de acesso do respondente.

Durante a fase de testes foi identificado um problema no envio do *link* para os respondentes. Foi contatado o suporte da plataforma Survey Monkey o qual prontamente avaliou e solucionou o problema. O *link* foi disponibilizado em 30/05/2016.

3.3.10 Etapa 10 – Aplicação do questionário

As questões que compõem o questionário foram transportadas para a plataforma Survey Monkey. Trata-se de uma ferramenta *online* que possibilita a elaboração de diversos tipos de questionários, com as mais diversificadas propostas. Uma vez criado o questionário, é possível revisar e enviá-lo para os destinatários via *e-mail*, disponibilizada em páginas de internet, mensagens de texto e outras formas de mídia. Trata-se de uma ferramenta sem custos de aquisição, porém, com funcionalidades de análise de dados limitadas nesta versão. Entretanto, permite acompanhar os números brutos obtidos nos questionários respondidos e importá-los para o Microsoft Excel® de forma manual.

A aplicação do questionário foi iniciada no dia 14 de junho de 2016. O processo inicial foi o contato telefônico com as IES, por meio de seu telefone principal, solicitando o contato com a pessoa responsável pelo departamento de TI. O motivo do contato era apresentado ao atendente, para que este se familiarizasse com a causa.

O perfil do respondente alinhado com esta pesquisa contempla o conhecimento sobre a gestão dos ativos de informática como um todo, portanto, exercendo cargos de encarregado, supervisor ou gerente. Estas pessoas foram contatadas por meio de telefone, em que o pesquisador expôs a relevância da pesquisa, bem como detalhes sobre o cenário dos REEEs e as barreiras existentes na gestão desses equipamentos, incluindo-se a LR, principalmente com relação ao

processo de descarte, porém, de modo informal.

Por fim, o questionário era enviado ao *e-mail* corporativo do respondente, na maioria dos casos e, o resultado era acompanhado pelo pesquisador na plataforma Survey Monkey. É importante mencionar que, em alguns casos, o questionário foi respondido por telefone, na mesma ligação de contato, a pedido do respondente.

3.3.11 Pergunta 10: Aspectos relevantes

A pergunta 10 foi elaborada considerando-se aspectos relevantes identificados por meio da revisão de literatura, considerando-se também as percepções do pesquisador. Por se tratar de um tema que impacta com as questões ambientais, sociais e econômicas dentro do contexto das IES, optou-se por questões diretas, com as possíveis barreiras existentes e outras percepções que o respondente entenda como conveniente mencionar. O enunciado e as opções de resposta da questão 10 foram estruturados da seguinte forma:

Em todo o processo de gestão desses ativos de informática, qual a maior dificuldade que você percebe? (Pode ser assinalada mais de uma questão).

As barreiras existentes na LR de REEEs, identificadas neste estudo, não obedecem a um segmento específico de negócios. Por este motivo, foi necessário elaborar um agrupamento lógico, de modo a ajustá-las com a realidade vivida pelas IES. Assim, Tabela 4 descreve como foi feito este agrupamento e quais as alternativas geradas de acordo com a realidade das IES:

Tabela 4 – Ajuste das barreiras identificadas na revisão de literatura, para a realidade das IES

Questões agrupadas	Levantamento bibliográfico
O armazenamento desses materiais consome muito espaço, que poderia ser utilizado para outros fins	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de infraestrutura para monitorar os retornos. • Falta de infraestrutura para a reciclagem / retornos.
Não compensa, financeiramente, fazer diversos descartes em períodos menores do que 1 ano	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo de operações de descarte correto de REEEs. • Falta de capital de investimento.
É difícil encontrar empresas que venham retirar esses equipamentos sem cobrar nada pelo serviço	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de mão de obra qualificada para as atividades de LR. • Alto custo de operações de descarte correto de REEEs.
A variedade de materiais avariados (Discos rígidos, CDs/DVDs, fontes de alimentação, cabos, placas de video e rede dentre outros é muito grande e precisa ser armazenada até atingir uma quantidade satisfatória para fazer o descarte	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de planejamento estratégico / integração com operações da SC. • Alto custo de operações de descarte correto de REEEs. • Falta de infraestrutura para monitorar os retornos.
O processo de doação é burocrático, consome tempo e custos de logística	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de comprometimento dos governantes. • Falta de leis mais específicas. • Falta de políticas de apoio econômico.
A gestão da empresa não se incomoda muito com o lixo eletrônico	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo comprometimento da alta gestão. • Mudanças em prioridades funcionais internas e externas.
Não há um planejamento para as operações de descarte de resíduos eletrônicos	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo comprometimento da alta gestão. • Falta de planejamento estratégico / integração com operações da SC. • Falta de infraestrutura para a reciclagem / retornos.
Ignoradas	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de contrabandistas e importadores informais • Mercado pouco desenvolvido para uso de remanufaturados / reutilizáveis • Incerteza de ganhos potenciais frente aos investimentos de remanufatura • Desenvolvimento de produtos que facilitem a LR dos REEEs

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas IES, atualmente, o processo de ensino e aprendizagem demanda a utilização de computadores e outros periféricos. De um modo geral, os laboratórios de informática desses organismos são aparelhados com grupos de computadores de mesmas configurações, inclusive de softwares, para que cada aluno possa desenvolver as atividades propostas pelos professores. Como sua atividade fim é a

formação integral do aluno para atuação no mercado de trabalho, é indispensável que a tecnologia utilizada nos computadores seja compatível ou, pelo menos próxima, àquela que é utilizada pelas empresas e no mercado de trabalho.

Para atender a esta demanda, as IES alocam os equipamentos de informática utilizados como parte de suas despesas, portanto, previstas em seu orçamento. Porém, em virtude de seu alto nível de obsolescência e também a toxicidade de seus materiais componentes, os cuidados de gerenciamento devem ser levados em conta. Assim, é interessante que seja contemplado o processo de descarte desses equipamentos quando obsoletos ou completamente avariados, tendo em vista que tornam-se potenciais consumidores de cuidados específicos de manipulação, além de consumirem espaço necessário para sua segregação.

Por outro lado, os computadores de laboratórios de informática que se tornaram obsoletos para executar determinados *softwares*, que exigem grande poder computacional, podem ser utilizados em outros setores administrativos da IES, como por exemplo, setores de coordenação acadêmica, secretarias de faculdades, núcleos de desenvolvimento pedagógico, incubadoras de empresas, empresas júniores dentre outros.

Por fim, grande parte dos computadores que foram substituídos nesses setores administrativos que estejam operacionais, podem ser utilizados com sistemas operacionais e *softwares* que demandem ainda menos recursos computacionais. Por outro lado, os periféricos avariados não podem mais ser utilizados com nenhum tipo de tecnologia e representam o principal componente dos REEEs. Não é muito diferente para os periféricos obsoletos, tendo em vista as evoluções e modificações do *hardware* de sistema ou, suporte do sistema operacional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de aplicação e análise do questionário foi exaustivo, porém, consideravelmente produtivo. Neste capítulo, contempla-se a análise detalhada dos resultados obtidos das respostas, transformados em números, para traçar um panorama atual das barreiras identificadas no processo de descarte de REEEs pelas IES na capital do estado de São Paulo.

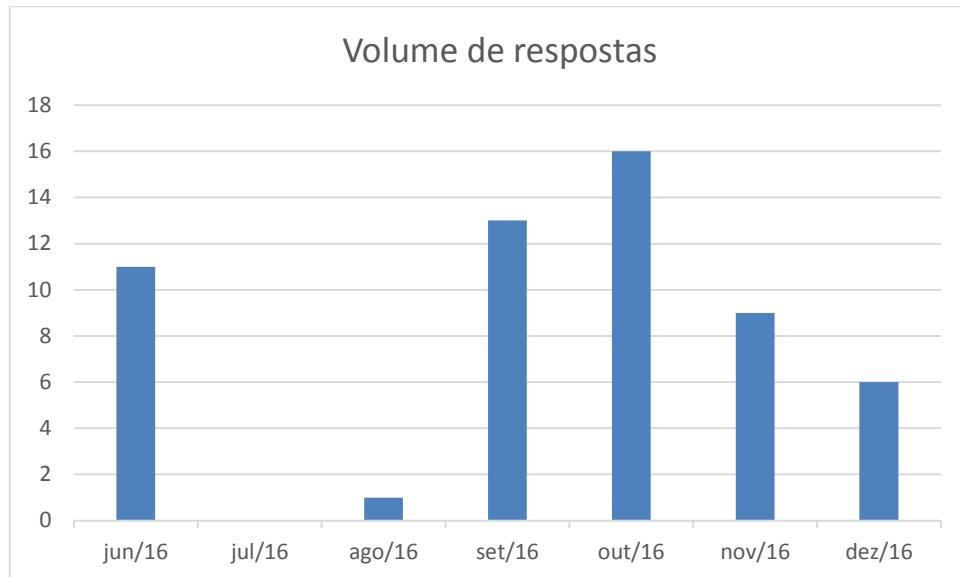
Por se tratar de um tema que envolve questões ambientais, sociais e financeiras, optou-se pela omissão de nomes do respondente e da IES. Os esforços empregados neste estudo são voltados para a identificação das barreiras e dificuldades existentes na LR de REEEs, portanto, com base na revisão de literatura, é sabido que dificuldades existem e, nem sempre são superadas utilizando-se meios e processos adequados ao seu nível de periculosidade, agressão ao meio ambiente e às pessoas.

O tempo médio empregado pelos respondentes foi de 8 minutos e 53 segundos para cada questionário. Os respondentes são gestores e encarregados de setores de TI das IES, portanto, diretamente ligados com a gestão dos ativos de TI, incluindo-se o descarte desses REEEs.

O número IP, data e hora de preenchimento do questionário foram registrados na plataforma e encontram-se em poder do pesquisador.

O volume de respostas obtido compreendeu o período de junho de 2016 até dezembro de 2016. Os valores obtidos podem ser contemplados no Gráfico 7:

Gráfico 7 – Volume de respostas no período de junho/2016 a dezembro/2016



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante o período de junho a dezembro de 2016 foram coletadas 57 respostas do total de 137 IES existentes na cidade de São Paulo, representando uma amostra de 42% do total. Apenas no mês de julho não houve atividades, tendo em vista do período de férias escolares. Os meses onde houve maior quantidade de respondentes foram setembro e outubro.

A confiança e tamanho da amostra foram suficientes para a conclusão deste estudo, com erro amostral inferior a 10%. A correção do tamanho da amostra é dada pela expressão:

$$A = (P \times 100) / (P + 100);$$

$$A = (137 \times 100) / (137 + 100)$$

$$A = 57$$

Onde (**A**) é o tamanho da amostra e (**P**) é a população.

Desta forma, o tamanho da amostra deverá conter no mínimo 57 IES para uma confiabilidade de 90%. Houve o retorno de exatamente 57 IES, atingindo o mínimo necessário para um resultado significativo.

Araújo (2013) descreve que, “para se determinar o tamanho de uma amostra, é necessário que seja especificado inicialmente, o erro amostral tolerável, que corresponde ao limite admitido de erro que pode ser cometido na determinação dos

parâmetros desejados". Assim, a expressão utilizada para obter o tamanho da amostra é dada por:

$$N_0 = 1/(0.1)^2 = 100$$

$$n = N \times 100 / N + 100$$

4.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS – QUESTÕES DE ORDEM IDENTIFICATIVA DE 1 A 3

As perguntas de 1, 2 e 3 do questionário têm como proposta, estabelecer um panorama do tamanho das IES, em função da quantidade de segmentos educacionais por elas ofertados. Diferentes níveis de ensino requerem ferramentas de *software* e *hardware* adequados à proposta pedagógica do curso, por exemplo, uma IES que oferece segmentos de ensino, desde o infantil até o doutorado, tende a utilizar maior número de *softwares* do que uma IES que oferece apenas o ensino superior. Consequentemente, o número de alunos representa um fator que influencia no tamanho da IES, tendo em vista que, reflete no número de salas de aulas existentes e, consequentemente, no número de computadores disponíveis em um laboratório de informática, para atender a todos os alunos de uma sala de aula.

A proposta da questão 1 é identificar o (s) segmento (s) educacional (is) da IES. Para esta questão, a análise das respostas foi elaborada manualmente, tendo em vista da grande diversidade de ofertas de cursos. É interessante relembrar que a delimitação deste estudo comprehende apenas as IE de nível superior, porém, muitas delas oferecem outros segmentos de ensino além do superior, os quais estão detalhados na Tabela 5:

Tabela 5 – Detalhamento do segmento educacional das IES

Segmentos educacionais oferecidos pelas IEs	Quantidade	Representação
Superior, Pós, Mestrado e Doutorado	8	14,04%
Superior, Pós, Mestrado	1	1,75%
Superior, Pós	10	17,54%
Superior	22	38,60%
Médio, Superior, Pós, Mestrado e Doutorado	1	1,75%
Médio, Superior, Pós	1	1,75%
Médio, Superior	2	3,51%
Fundamental, Médio, Superior, Pós	2	3,51%
Fundamental, Médio, Superior	3	5,26%
Infantil, Fundamental, Médio, Superior, Pós	1	1,75%
Infantil, Fundamental, Médio, Superior, Pós, Mestrado e Doutorado	6	10,53%
Total	57	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Do total de 57 respostas obtidas, as IES que oferecem segmentos educacionais com níveis de ensino superior, pós-graduação, mestrado e doutorado representaram a parcela de 14,04% do total (8 instituições). Com representatividade de 1,75% (1 instituição), descreve-se uma IES que oferece níveis de ensino superior, pós-graduação e mestrado, 1 IES que oferece níveis de ensino médio, superior, pós-graduação, mestrado e doutorado, 1 IES que oferece níveis de ensino médio, superior e pós-graduação e 1 IES que oferece níveis de ensino desde o infantil até a pós-graduação.

IES que oferecem segmentos de ensino superior e pós-graduação somente, representaram a segunda maior parcela do total de respondentes: 17,54%, o que corresponde a um total de 10 IES. A maior parcela de IES representada neste estudo tem como principal segmento educacional, a oferta de cursos de nível superior somente. Esta parcela corresponde a 38,60% do total, perfazendo 22 IES. A terceira maior parcela deste estudo é representada pelo total de 10,53% (6 instituições) que oferecem segmentos educacionais com níveis de ensino que se estendem desde o infantil até o doutorado, portanto, são consideradas grandes instituições e universidades.

Três IES oferecem segmentos educacionais com níveis de ensino fundamental, médio e superior, que corresponde a uma parcela de 5,26% do total de respondentes. Por fim, 2 IES oferecem níveis de ensino médio e superior,

representando uma parcela de 3,51% do total e outras 2 IES oferecem níveis de ensino fundamental, médio, superior e pós-graduação, também representando 3,51% do total de respondentes.

A questão 2 tem como propósito, identificar a quantidade de computadores que compõem o parque de informática da IES. As grandezas de valores foram ajustadas no intervalo de 100 em 100, tendo em vista que os números exatos de computadores existentes no parque, muitas vezes podem representar dificuldades para serem obtidos. Entende-se que a interpretação da grandeza máxima é suficiente para perceber o tamanho do parque de informática. Nesta questão, consideram-se os ambientes acadêmico (compostos pelos laboratórios de informática), salas de aula e outros ambientes de ensino e também os setores administrativos, como coordenação e secretaria acadêmica, recursos humanos, departamento financeiro, departamento de segurança dentre outros. A Tabela 6 apresenta o detalhamento da quantidade de computadores existentes no parque de informática das IES:

Tabela 6 – Quantidade de computadores existentes no parque de informática das IES.

Quantidade de computadores	IEs	Representação
Mais de 500	19	33,33%
Entre 400 e 500	4	7,02%
Entre 300 e 400	3	5,26%
Entre 200 e 300	2	3,51%
Entre 100 e 200	14	24,56%
Até 100	15	26,32%
TOTAL	57	100,0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Do total de 57 respondentes, 19 IES possuem um parque de informática com mais de 500 computadores, representando um índice considerável de 33,33% do total. IES com parque de informática que têm entre 400 e 500 computadores representam 7,02% do total (4 instituições). Três IES representam 5,26% do total de IES com parque de informática com número de computadores entre 300 e 400. Duas IES com parque de informática entre 200 e 300 computadores representam 3,51% do total. 14 IES com parque de informática composto por números entre 100 e 200 computadores representam 24,56% do total, a terceira maior quantidade tabulada nesta questão. Por

fim, 15 IES, cerca de 26,32% possuem até no máximo 100 computadores em seu parque de informática.

A quantidade de computadores existentes nas IES tende a ser um fator diretamente ligado com a quantidade de REEEs gerados. É adequado que uma sala de aula de laboratório seja aparelhada com computadores e periféricos com mesma capacidade computacional, afinal, entende-se que a proposta de aula seja a mesma aplicada a todos os alunos daquele grupo, portanto, homogêneo.

A questão 3 visa identificar o percentual de troca anual de computadores obsoletos por novos modelos, com maior capacidade computacional. Por meio desta questão, pode-se ter uma visão da quantidade de REEEs gerados pelas IES. De todos os respondentes, 64,91% (37 instituições) afirmaram que o processo de substituição de computadores obsoletos compreende entre 1% e 10% do total de seu parque de informática. Índices de substituição entre 10% e 20% do total de computadores são praticados por 18 IEs, correspondendo 31,58% do total. Apenas 2 IES afirmaram que substituem entre 20% e 30% de seus computadores obsoletos, representando 3,51% do total. A Tabela 7 descreve o percentual anual de substituição de computadores obsoletos por novos modelos nas IES:

Tabela 7 – Percentual de troca anual de computadores

Percentual de troca anual	IEs	Representação
Entre 1 e 10%	37	64,91%
Entre 10 e 20%	18	31,58%
Entre 20 e 30%	2	3,51%
Total	57	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Índices de substituição situados entre 20 e 30% do total de computadores do parque de informática das IES ocorrem com muito menos frequência do que índices entre 1%, 10% e 20%, o que é passível de entendimento, tendo em vista que, a aquisição de computadores não é um investimento, mas sim, uma despesa. Neste estudo, apenas 2 IES afirmaram que efetuam substituições anuais da ordem de 20% e 30% em seu parque de informática. Dessas duas instituições, uma tem mais de 500 computadores, enquanto que a outra, possui até 100 computadores em seu parque

de informática. Tomando-se como exemplo uma IE com um parque de informática com 500 computadores e percentual de troca em 20%, a quantidade de computadores obsoletos recolhidos seria de 100 unidades / ano. Cada unidade é composta por monitor de vídeo, CPU, teclado e mouse, o que representa um volume considerável de REEEs.

As IES com mais de 500 computadores que efetuam processos de substituição da ordem de 10% a 20% do total representam a maioria, dentro deste escopo: 11 IES afirmaram que efetuam trocas anuais desta ordem, correspondendo a uma parcela de 19,30% do total. Trocas anuais entre 1% e 10% são feitas por 7 IES, cerca de 12,28% deste total, para IES com mais de 500 computadores.

As IES que possuem entre 400 e 500 computadores e efetuam processo de substituição da ordem de 10% a 20% do total, representaram 3,51% do total, ou seja, apenas 2 IES. Da mesma forma, 2 IES de mesmo porte afirmaram que efetuam trocas da ordem entre 1% e 10% do total, representando 3,51%. Estas IES também podem ser consideradas como de grande porte, em função do grande número de computadores que possuem. Não obstante, é passível de entendimento que muitos desses computadores também suportam conectividade a outros periféricos, como câmeras de vídeo, impressoras, scanners, telefones IP, caixinhas de som, leitores de códigos de barras, dispositivos de biometria dentre outros.

Apenas uma IES que possui entre 300 e 400 computadores adota um processo de substituição anual da ordem de 10% e 20%, representando uma parcela muito pequena, cerca de 1,75%. Para este perfil de IES, 2 delas afirmaram que efetuam trocas anuais de computadores obsoletos entre 1% e 10%, representando 3,51% do total.

As IES que possuem entre 200 e 300 computadores em seu parque de informática constituem uma parcela muito pequena neste estudo. São apenas 2, que representam um percentual de 1,75% cada uma. A primeira delas afirmou que seu processo de troca anual comprehende valores entre 10% e 20% do total, enquanto que a segunda, afirmou que substitui anualmente, entre 1% e 10% de computadores obsoletos em seu parque de informática.

IES que possuem entre 100 e 200 computadores constituem uma parcela relevante neste estudo. Apenas uma delas afirmou que seu processo de substituição de computadores está entre 1% e 10% do total, ao passo que, 13 IES, cerca de

22,81% afirmaram que substituem entre 1% e 10% dos computadores obsoletos anualmente.

As IES que possuem até 100 computadores em seu parque de informática caracterizaram a segunda maior representação neste estudo, conforme a Tabela 8. Nesta categoria, apenas uma afirmou que efetua trocas anuais de ordem entre 20% e 30% do total, representando uma parcela de 1,75%. Duas delas efetuam trocas anuais da ordem de 10% e 20%, cerca de 3,51%, enquanto que a maioria, cerca de 21,05%, representado por 12 IES efetuam substituições anuais de computadores na ordem de 1% e 10% do total. A Tabela 8 apresenta um resumo desses valores:

Tabela 8 – Resumo do percentual de troca de computadores

Tamanho da IE	Percentual de troca anual	IES	Representação
Mais de 500 computadores	Entre 20 e 30%	1	1,75%
Mais de 500 computadores	Entre 10 e 20%	11	19,30%
Mais de 500 computadores	Entre 1 e 10%	7	12,28%
Entre 400 e 500 computadores	Entre 10 e 20%	2	3,51%
Entre 400 e 500 computadores	Entre 1 e 10%	2	3,51%
Entre 300 e 400 computadores	Entre 10 e 20%	1	1,75%
Entre 300 e 400 computadores	Entre 1 e 10%	2	3,51%
Entre 200 e 300 computadores	Entre 10 e 20%	1	1,75%
Entre 200 e 300 computadores	Entre 1 e 10%	1	1,75%
Entre 100 e 200 computadores	Entre 10 e 20%	1	1,75%
Entre 100 e 200 computadores	Entre 1 e 10%	13	22,81%
Até 100 computadores	Entre 20 e 30%	1	1,75%
Até 100 computadores	Entre 10 e 20%	2	3,51%
Até 100 computadores	Entre 1 e 10%	12	21,05%
Total		57	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se que 11 IES com mais de 500 computadores preocupa-se em manter a atualização tecnológica de seus computadores com uma política de troca anual entre 10% e 20% do total. Estipulando-se um percentual de troca anual da ordem de 20% do total, dentro de um período de 5 anos, 100% do parque seria substituído, atendendo primeiramente aos setores que demandam maiores necessidades de poder computacional.

Desta forma, prolonga-se a vida útil dos computadores obsoletos, reaproveitando-os para a utilização em outros setores das IES. Entretanto, os computadores que serão substituídos desses mesmos setores, representam efetivamente o volume de REEEs, pois não serão mais utilizados para nenhuma atividade. Outro agravante diz respeito à quantidade de REEEs compostos somente por periféricos como placas de circuito impresso, HDs (discos rígidos), monitores de vídeo, teclados, *mouses*, dentre outros.

Para a maioria das IES pequenas, que possuem até no máximo 100 computadores, os processos de substituição anual que compreendem índices entre 1% e 10% do total caracterizam o maior número neste estudo e são passíveis de entendimento, uma vez que os itens de informática representam despesas consideráveis, porém, indispensáveis para a maioria dos processos diários dessas IES, principalmente, os de ensino e aprendizagem.

Por fim, conclui-se que nenhuma das IES têm processo de substituição anual de computadores obsoletos acima de 30% do total de seu parque de informática.

4.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS – QUESTÕES DE 4 A 6, CONTEMPLANDO A PERCEPÇÃO LEGAL E POLÍTICAS PARA DESCARTE DE REEEs

Neste segmento, discute-se as respostas fornecidas para as questões 4, 5 e 6, que estão diretamente relacionadas com a percepção dos colaboradores e envolvidos com a gestão de REEEs, especificamente relacionados com o processo de descarte desses equipamentos.

Um aspecto que está diretamente relacionado com o processo de gestão e descarte dos REEEs contempla o conhecimento de leis existentes, por parte dos gestores e colaboradores envolvidos. Neste estudo, a questão 4 contou com 57 respondentes, com nível de abstenção em zero. Trata-se de uma questão com resposta binária, onde o respondente apenas deve afirmar se conhece ou não alguma lei que exija o descarte adequado dos REEEs. A Tabela 9 descreve os resultados obtidos nas respostas do questionário:

Tabela 9 – Conhecimento de leis sobre o descarte de REEEs pelos colaboradores das IEs

Opções de resposta	IEs	Representação
Não	47	82,46%
Sim	10	17,54%
Total	57	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os respondentes de 47 IES informaram que não têm conhecimento de leis com foco no tratamento e descarte correto de REEEs, compreendendo 82,46% do total. Trata-se de um número considerável, tendo em vista que a falta de conhecimento dos colaboradores e envolvidos com os processos de gestão e manipulação desses REEEs podem resultar na execução de processos inadequados, como por exemplo, descartar periféricos, como placas de vídeo, rede, discos rígidos e outros juntamente com lixos orgânicos ou outros resíduos sólidos diferentes dos REEEs, o que não é uma prática correta também.

Apenas 17,54% dos respondentes (10 instituições), afirmaram que têm conhecimento da Lei 12.305/2010 (PNRS). Desta forma, entende-se que estes colaboradores têm conhecimento sobre os REEEs e o perigo que eles podem representar para as pessoas e meio ambiente, em caso de descartes feitos de forma inadequada.

Deste total, um dos respondentes afirmou que não conhecia particularidades da Lei, mas sim, referiu-se como “... *uma lei que regulamenta sobre o descarte correto de peças que contenham componentes de metais pesados em sua estrutura.* ”, fato que evidencia o interesse deste colaborador sobre os perigos que esses materiais podem oferecer em caso de manipulação e descarte inadequado.

A questão 5 tem como propósito identificar a existência de políticas específicas para o descarte de REEEs totalmente obsoletos ou avariados, ou seja: sem nenhuma condição de utilização. Além de computadores completos, estes REEEs compreendem placas de circuito impresso e outros periféricos, como monitores e câmeras de vídeo, impressoras, scanners, lousas eletrônicas, leitoras de cartão dentre outros.

Em resumo, a questão 5 tem como proposta, alinhar o conhecimento sobre a Lei 12.305/2010 pelos gestores e a existência de uma política institucional para a

gestão e descarte correto de REEEs. Entende-se que o conhecimento sobre o assunto represente um fator considerável de sucesso para a implementação desta política. A Tabela 10 apresenta o total de IES que possuem uma política institucional para o descarte correto e REEEs e também as que não possuem:

Tabela 10 – IEs que possuem política institucional para o descarte correto de REEEs

Opções de resposta	IEs	Representação
Não	35	61,40%
Sim	22	38,60%
Total	57	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor.

O nível de abstenção de respondentes nesta questão foi zero. De acordo com os respondentes, 35 afirmaram que suas IES não possuem nenhuma política institucional para descarte de REEEs, que esteja em acordo com a Lei 12.305, perfazendo um total de 61,40%. Este resultado pressupõe que, a inexistência de normas e procedimentos para o descarte de REEEs pode levar ao descarte inadequado desses materiais, resultando em agressões ambientais e também às pessoas, direta ou indiretamente. A falsa ideia de que tais materiais não caracterizam problemas e podem ser descartados de qualquer forma, pois alguém, em determinada parte do processo, vai separar esse material e colocá-lo em seu destino final de modo correto não deve ser considerada.

Deste total, 22 IES (cerca de 38,60%) afirmaram que possuem uma política institucional voltada para o descarte correto de REEEs. Desta forma, há uma diferença entre o número de respondentes que, na questão 4, afirmaram conhecer a Lei 12.305/2010 (totalizando 10 respondentes), e o número de IES que detém uma política institucional para o descarte correto de REEEs, que foi de 22. Embora a execução do processo de descarte ocorra em nível operacional, entende-se que o conhecimento dos colaboradores sobre a periculosidade que os REEEs representam para o meio ambiente e às pessoas, bem como a existência de leis que fomentem seu descarte correto, seja um fator positivo o sucesso desta política.

A falta de conhecimento pode contribuir positivamente para o descarte inadequado de REEEs, frente às dificuldades e barreiras que os processos e pessoas

envolvidas podem representar. Por este motivo, em todos os níveis, é importante que exista o conhecimento sobre os aspectos gerais dos REEEs, de modo a capacitar os colaboradores envolvidos, no que tange à gestão e descarte dos REEEs e os perigos que esses materiais podem representar para o meio ambiente e para as pessoas.

A questão 6 tem como propósito, identificar quais as motivações para a implementação de uma política institucional para o descarte de REEEs obsoletos ou avariados. Dos 57 respondentes, apenas 22 responderam esta questão, informando os fatores que motivaram a implementação de uma política de descarte de REEEs em suas IES. 35 respondentes se abstiveram de respondê-la, tendo em vista que suas IES não possuem nenhuma política para descarte de REEEs, conforme summarizado na questão 5. A Tabela 11 descreve os fatores que motivaram a implementação de uma política institucional para descarte de REEEs:

Tabela 11 – Fatores motivadores para descarte de REEEs

Opções de resposta	Respostas	Porcentagem
Pressões da alta administração	2	9,09%
Legislação	6	27,27%
Custos de armazenamento	9	40,91%
Consciência ambiental	19	86,36%
Responsabilidade social	15	68,18%
Total	22	

Fonte: Elaborado pelo autor.

As pressões por parte da alta administração foram apontadas por apenas 2 IES, ao passo que, a legislação vigente foi apontada por 6 IES. Os custos de armazenamento desses materiais representam a terceira maior relevância desta questão, totalizando 9 IES. A consciência ambiental foi apontada por 19 IES, como sendo também um fator motivador para a implementação da política de descarte de REEEs, seguido pelas questões de responsabilidade social, que totalizaram 15 respondentes. Desta forma, fica claro que as questões sociais e ambientais exercem considerável influência para a adoção de políticas para descarte correto de REEEs. De um modo geral, é interessante que as questões sociais e ambientais sejam evidenciadas pelas IES, tendo em vista o importante papel de formadora de opinião perante à sociedade. Sem dúvida que este tipo de postura é altamente benéfico e

deve ser vista como exemplo a ser seguido.

É interessante relembrar que muitos respondentes apontaram mais de um fator, o qual é detalhado na Tabela 12:

Tabela 12 – Fatores motivadores para descarte de REEEs agrupados por IEs

Agrupamento de respostas	Respondentes
Consciência ambiental	2
Responsabilidade social	2
Consciência ambiental e responsabilidade social	5
Consciência ambiental, responsabilidade social e custos de armazenamento	2
Consciência ambiental, responsabilidade social, custos de armazenamento e legislação	3
Consciência ambiental, responsabilidade social e pressões da alta administração	2
Consciência ambiental e custos de armazenamento	3
Custos de armazenamento e legislação	1
Consciência ambiental, responsabilidade social e legislação	2
Total	22

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 12 descreve as respostas fornecidas pelos 22 respondentes, porém, de modo isolado. O fator da consciência ambiental foi citado somente por 2 IES, assim como a responsabilidade social. Por outro lado, os dois fatores juntos foram apontados por 5 IES. A consciência ambiental, responsabilidade social e os custos de armazenamento de REEEs foram fatores apontados por 2 IES, ao passo que, a consciência ambiental, a responsabilidade social, os custos de armazenamento dos REEEs e a legislação vigente foram apontados por 3 IES.

A consciência ambiental, responsabilidade social e pressões da alta administração foram apontados por 2 IES. A consciência ambiental e custos de armazenamento foram apontados por 3 IES, ao passo que, custos de armazenamento e a legislação foram apontados apenas por 1 IES. Por fim, a questão da consciência

ambiental, responsabilidade social e legislação foram respondidos por 2 IES.

Desta forma, percebe-se a evidência da responsabilidade social e consciência ambiental presentes em boa parte do resultado. Por outro lado, o fato de 35 IES não possuírem políticas institucionais para o descarte de REEEs representa mais da metade do total de respondentes, fato que não descreve uma realidade adequada para o cenário de REEEs. A ausência de políticas deste tipo pode levar à falta de compreensão e, consequentemente, de padronização de processos bem definidos para o descarte de REEEs, resultando em diversos prejuízos, tanto ambientais, quanto sociais. Não obstante, a questão das leis deve ser observada, assim como outros custos envolvidos, que podem direta ou indiretamente impactar na imagem da IES.

4.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS – QUESTÕES 7, 8 e 9, REFERENTE AO DESCARTE DE COMPUTADORES OBSOLETOS, REEEs E A EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS POR PARTE DA ALTA ADMINISTRAÇÃO

A questão 7 tem como foco específico, descrever um panorama sobre o destino dos computadores e periféricos obsoletos, porém, em plenas condições de uso, por sua funcionalidade. Está relacionada com os computadores que funcionam adequadamente, porém, para a IES, não têm mais serventia por causa de suas limitações frente aos softwares e hardwares atuais. Não está relacionada com as questões de reciclagem, uma vez que os equipamentos permanecem operacionais, portanto, nesta questão, contempla-se a remanufatura e a reutilização, não por parte da IE, mas sim, de outros organismos externos, dependendo do processo de descarte.

A remanufatura e reutilização são dois aspectos relevantes identificados na revisão de literatura. Remanufatura, neste caso, porque os diversos periféricos obsoletos, mas funcionais, podem ser aproveitados para operar com um computador de mesma capacidade computacional. Por exemplo, um periférico obsoleto, porém, funcional, como placa mãe, de rede ou mesmo de vídeo pode ser incorporado em um computador obsoleto que tem estes mesmos itens avariados, oferecendo um nível de funcionalidade comum. Desta forma, evita-se que se torne um REEE, prolongando sua vida útil, possibilitando sua reutilização para outras tarefas.

Esta questão teve 57 respondentes, contando-se também aqueles cujas IES não possuem uma política institucional para descarte de REEEs. Não se contemplam os trâmites burocráticos de propriedade de software e documentos de romaneio e descarte por transferência de ativos. Esta questão foi tabulada e analisada manualmente, tendo em vista que o respondente tinha a opção de assinalar mais de uma resposta, como descrito na Tabela 13:

Tabela 13 – Destino dos computadores obsoletos, porém em plenas condições de uso

Respostas fornecidas	IES	Porcentagem
São doados para entidades	22	38,60%
São doados para entidades e também vendidos para empresas especializadas	2	3,51%
São doados para entidades e também vendidos para empresas de informática	1	1,75%
São doados para entidades e empresas especializadas	2	3,51%
São doados para entidades e empresas de informática	1	1,75%
São vendidos para empresas especializadas	5	8,77%
São vendidos para empresas especializadas e descartados com outros tipos de lixos não orgânicos	1	1,75%
São vendidos para empresas de informática	12	21,05%
São vendidos ou doados para empresas de informática	1	1,75%
São descartados com outros lixos não-orgânicos	3	5,26%
São doados para empresas especializadas	2	3,51%
São doados para empresas de informática	2	3,51%
Não sabe dizer	1	1,75%
Armazena no local	1	1,75%
Envia para outra unidade	1	1,75%
Total	57	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta questão, o processo de doação para outras entidades representou 38,60% do total, mencionado por 22 respondentes. É interessante reforçar que, neste caso, o processo de doação para entidades é uma prática benéfica, inserida no contexto de cidadania, portanto, fortalecendo o papel social da IES frente à sociedade. Entidades são organismos sem fins lucrativos, que promovem a inclusão digital ou

exercem papéis sociais muito fortes, principalmente para comunidades e pessoas de baixa renda, pouco alfabetizadas, com mobilidade reduzida dentre outros.

2 IES, cerca de 3,51% afirmaram que também promovem o processo de doação para entidades, mas também praticam a venda desses equipamentos obsoletos para empresas especializadas. Neste caso, fica evidente que as IES recuperam uma parte da despesa de aquisição destes equipamentos e têm a garantia de ter executado a melhor prática de descarte, uma vez que a empresa especializada é um segmento de negócio específico para o processamento e descarte final de REEEs.

Apenas uma IES (1,75%) afirmou que faz a doação de seu *hardware* obsoleto para entidades e também vende parte dele para empresas de informática.

Tomando-se como base as placas de circuito impresso, Canal-Marques *et al.* (2013) as descrevem como um item de difícil eliminação por causa da quantidade de materiais que são presos por meio de solda de chumbo, muitos deles tornando-se inutilizáveis devido às altas temperaturas das operações.

Desta forma, entende-se que uma empresa especializada em tratar estes tipos de REEEs esteja aparelhada com maquinário específico e pessoal capacitado para desempenhar as atividades de descaracterização dos periféricos avariados e/ou obsoletos. O foco de atividades dessas empresas é diferente das empresas de informática, que trabalham com compra e venda de computadores e periféricos.

Duas IES (3,51%) afirmaram que promovem a doação de seus computadores obsoletos para entidades e também para empresas especializadas. Neste caso, fica evidente que não recuperam nenhuma parte das despesas empregadas na aquisição desses equipamentos. Por outro lado, pode se tornar uma prática interessante, caso não contraiam os custos logísticos da operação, além de eliminarem os REEEs do local de armazenamento, que poderá ser rapidamente utilizado para outros fins mais produtivos.

Uma IES (1,75%) afirmou que doa seus computadores obsoletos para entidades e empresas de informática. Neste caso, nenhuma parte das despesas de aquisição destes computadores é recuperada, entretanto, no caso de doação para entidades sem fins lucrativos, o papel social fica evidenciado. Entretanto, ela assume os mesmos riscos das IES que vendem esse material para empresas de informática.

5 IES afirmaram que vendem seus computadores obsoletos para empresas especializadas. Neste caso, essas instituições recuperam uma parte da despesa

investida na aquisição destes equipamentos e recebem o certificado de descaracterização dos equipamentos. Trata-se de um foco totalmente voltado para as questões ambientais, tendo em vista que há a garantia de que esses materiais não serão fatores de degradação ambiental. Por outro lado, a questão social é esquecida, uma vez que computadores funcionais, que poderiam ser utilizados em programas sociais, são descartados sumariamente. É importante reforçar que esta análise é superficial, tendo em vista que são necessárias mais variáveis para afirmar se um computador obsoleto atende às mínimas necessidades funcionais para que sejam utilizados por outras pessoas. Uma dessas variáveis diz respeito ao suporte de um sistema operacional com versões ainda suportadas pelo *hardware*.

Uma IES (1,75%) afirmou que vende seus computadores obsoletos para empresas especializadas e também descarta com outros tipos de lixos não orgânicos. Neste caso, percebe-se que não há um processo definido para o descarte deste tipo de material, pressupondo-se que, em um determinado momento, podem ser descartados com entulho, mobiliário e outros materiais diferentes dos REEEs. Do ponto de vista lógico, não representa uma prática adequada, evidenciando-se a carência um processo adequado para descarte deste material. Felizmente, a parcela representativa neste estudo é muito pequena, porém, não deixa de ser importante observá-la.

12 IES (21,05%) afirmaram que vendem seus computadores obsoletos para empresas de informática. Trata-se do segundo maior percentual deste estudo e evidencia a proposta de recuperação de uma parte das despesas de aquisição dos equipamentos. Entretanto, como já mencionado, empresas de informática não são as mais indicadas para participar do destino final desse material.

Uma IES (1,75%) afirmou que vende ou doa seus computadores obsoletos para empresas de informática. Neste caso, evidencia-se também a ausência de um processo bem definido para descarte deste material. Entende-se que a proposta dessa IES seja a liberação do espaço de segregação desse material, que será utilizado para outros fins.

3 IES (5,26%) afirmaram que descartam seus computadores obsoletos com outros tipos de lixos não orgânicos, fato que representa a completa ausência de compreensão sobre o grau de periculosidade desses materiais, assim como as questões de responsabilidade. Apesar de representarem uma parcela pequena de respondentes, não é uma prática sábia, nem adequada, além de pressupor a ideia do

“livrar-se do problema”, tratando os REEEs da mesma forma que qualquer outro tipo de lixo orgânico ou não orgânico. Neste caso, as questões sociais, ambientais e econômicas são totalmente desprezadas.

2 IES (3,51%) afirmaram que doam seus equipamentos para empresas especializadas. Neste caso, não recuperam nenhum valor de despesas empregadas na aquisição dos equipamentos e também não contribuem para as questões sociais. Apenas a questão ambiental é claramente evidenciada para estas duas IES.

Da mesma forma, 2 IES (3,51%) afirmaram que doam seus computadores obsoletos para empresas de informática. Neste caso, além de não recuperar nenhuma parte das despesas de aquisição desse material, não contribuem para programas sociais e colocam uma incógnita nas questões ambientais.

Por fim, 1 IES (1,75%) não soube responder o destino seguido pelos seus computadores obsoletos, outra IES (1,75%) afirmou que armazena seus computadores obsoletos na própria unidade e uma terceira IES (1,75%) afirmou que envia esse material para outra unidade para integrar o processo de descarte de outros computadores obsoletos. Esta última, entretanto, não soube informar detalhes do processo de descarte.

Esta questão permitiu identificar a coerência dos processos de descarte de computadores obsoletos e não teve como propósito, apontar práticas incorretas de descartes desses materiais. É interessante lembrar que 22 IES afirmaram possuir políticas institucionais para descarte de REEEs e, nesta questão, 22 IES afirmaram que doam seus computadores obsoletos para entidades sem fins lucrativos, exercendo um papel social de impacto. É evidente que processos de doação são burocráticos, uma vez que registram a transferência de titularidade, de diversos equipamentos para outros proprietários, de modo a atender as questões de inclusão social. Obviamente que essa burocracia ocorre por conta dos altos valores agregados destes equipamentos, tanto tangíveis, quanto intangíveis, por estarem diretamente relacionados com as questões ambientais, sociais e financeiras.

A questão 8 tem o foco semelhante à questão 7, porém, refere-se aos periféricos obsoletos ou avariados, que não apresentam nenhuma condição de uso devido às mudanças físicas de conectores, avarias físicas irreparáveis ou perda de suporte de operação pelo sistema operacional. Esses periféricos são placas-mãe, placas de vídeo, microprocessadores, fontes de alimentação, monitores de vídeo, placas de rede, teclados, *mouses*, aparelhos telefônicos dentre outros.

Esta questão também foi analisada manualmente, tendo em vista que o respondente poderia assinalar mais de uma resposta disponível. Não houve abstenções de respondentes para esta pergunta. A Tabela 14 sumariza a resposta dos 57 respondentes e seus processos internos de gestão e descarte de REEEs:

Tabela 14 – Destino dos REEEs avariados ou obsoletos, sem nenhuma condição de uso

Respostas fornecidas	IES	Porcentagem
São vendidos para empresas especializadas	8	14,04%
São vendidos para empresas especializadas e também de informática	2	3,51%
São vendidos ou doados para empresas especializadas. Também são descartados com outros tipos de lixos não orgânicos	1	1,75%
São vendidos ou doados para empresas especializadas. Contrata empresas para retirar os REEEs	1	1,75%
São vendidos para empresas especializadas. Também contrata empresas especializadas para retirar os REEEs	3	5,26%
São vendidos para empresas de informática	1	1,75%
São descartados com outros tipos de lixos não-orgânicos	8	14,04%
São descartados com outros tipos de lixos não-orgânicos. Assume os custos logísticos para as doações	2	3,51%
São doados para empresas especializadas	7	12,28%
São doados para empresas especializadas. Também contrata empresas especializadas para retirar os REEEs	3	5,26%
São doados para empresas de informática	12	21,05%
Contrata empresas especializadas para retirar os REEEs	3	5,26%
Assume os custos logísticos para as doações	3	5,26%
Não sabe dizer	3	5,26%
Total	57	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Desta forma, 8 IES (14,04%) afirmaram que vendem os REEEs obsoletos para empresas especializadas. Este tipo de prática é o mais adequado e correto, tendo em vista que acabam servindo de matéria prima para as empresas que trabalham com este tipo de segmento comercial, além do quê, recuperam parte do valor das despesas empregadas na aquisição desses equipamentos. Por fim, empresas deste tipo

fornecem certificados com teor legal, sobre a descaracterização desse material e destinação final dentro dos padrões necessários para a preservação ambiental.

2 IES (3,51%) afirmaram que vendem seus REEEs tanto para empresas especializadas, quanto de informática. Neste caso, as IES recuperam parte do valor de despesas de aquisição desses equipamentos, porém, não é recomendada a venda deste tipo de material para empresas de informática, visto que, o foco de trabalho é outro, conforme mencionado na questão anterior.

Uma IE (1,75%) afirmou que vende ou doa seus REEEs para empresas especializadas e também descarta com outros tipos de lixos não orgânicos. Neste caso, percebe-se ausência de um processo bem definido para o descarte de REEEs, transmitindo a ideia de "*livrar-se do problema o mais rápido possível*". Embora caracterize uma parcela muito pequena deste estudo, não é uma prática recomendada, o descarte desse material junto com outros tipos de lixos não orgânicos.

Uma IE (1,75%) afirmou que vende ou doa seus REEEs para empresas especializadas e também contrata empresas para retirar seus REEEs. No caso de doação desse material para as empresas especializadas, é interessante contemplar a negociação do custo logístico do processo, em função da quantidade de material retirado e a emissão do certificado de tratamento desse material. Entretanto, a venda desse material é muito mais interessante, tendo em vista que parte das despesas de aquisição poderá ser recuperada, com a garantia de seu descarte correto, em conformidade com as boas práticas de preservação ambiental.

3 IES (5,26%) afirmaram que vendem seus REEEs para empresas especializadas e também contrata essas empresas para a retirada desse material. Analogamente com a opção anterior, custos logísticos podem ser negociados, a recuperação de parte das despesas de aquisição desse material pode ser recuperada, e a emissão do certificado de descarte ambientalmente correto é emitida para a IES. Este processo é também, bastante adequado, do ponto de vista da preservação ambiental e da responsabilidade social.

Uma IES (1,75%) afirmou que vende seus REEEs para empresas de informática. Neste caso, recupera parte do valor de despesas de aquisição deste material, porém, não é uma prática adequada, conforme já mencionado em tópicos anteriores.

8 IES (14,04%) afirmaram que descartam seus REEEs com outros tipos de

lixos não orgânicos. Neste caso, fica claro o desconhecimento sobre a questão legal para a manipulação dos REEEs, o grau de periculosidade destes materiais e também a possibilidade de recuperação de parte do valor das despesas empregadas em sua aquisição, por parte da IES. Não é, em hipótese alguma, uma prática recomendada para nenhuma empresa, tendo em vista que contribuem negativamente para a piora da situação ambiental, social e financeira da IES.

2 IES (3,51%) afirmaram que descartam os REEEs com outros tipos de lixos não orgânicos e também assumem os custos logísticos para a doação deste material. Percebe-se neste caso, a ausência de um processo bem definido para descarte deste material, também remetendo à ideia de “*livrar-se do problema*”. Contrair custos para que alguma empresa venha retirar este material é uma prática a ser repensada, da mesma forma que o descarte de REEEs com outros tipos de lixos não orgânicos. Além de não recuperarem nenhuma parte das despesas de aquisição deste material, ainda os descartam em desconformidade com as normas ambientais.

12,28%, referente à 7 IES, doam seus REEEs para empresas especializadas. Neste caso, não recuperam nenhuma parte das despesas com a aquisição deste material, entretanto, exercem um papel de consciência ambiental e responsabilidade social correto, com processos bem definidos para o descarte destes materiais.

3 IES (5,26%) afirmaram que doam seus REEEs ou contratam empresas especializadas para retirá-los. A questão ambiental fica evidenciada neste caso, tendo em vista que as IES têm conhecimento sobre o grau de periculosidade e agressão ambiental que este material oferece. Este processo pode ser melhorado por meio da negociação do custo logístico da operação, uma vez que, este tipo de material é a matéria prima para os processos produtivos das empresas especializadas.

12 IES (21,05%) afirmaram que doam seus REEEs para empresas de informática. Foi o maior índice de IES com processos deste tipo identificado neste estudo. Este tipo de processo carece de melhoria no que tange às definições sobre o tipo de empresa que detém o ferramental e conhecimento para tratar REEEs. Doar REEEs para empresas de informática é uma prática que insere incógnitas nas questões ambientais e sociais. Conforme mencionado neste estudo, empresas de informática têm foco diferente de empresas especializadas em tratar REEEs, portanto, o descarte ambientalmente correto deste material é colocado em dúvida. Por exemplo, é possível que uma empresa de informática comercialize componentes eletrônicos de periféricos avariados ou obsoletos, como capacitores e condensadores eletrônicos,

entretanto, o destino do periférico ao qual este material foi removido terá que ser conhecido.

3 IES (5,26%) afirmaram que contratam empresas especializadas para a retirada de seus REEEs e outras 3 (5,26%) IES afirmaram que assumem os custos logísticos para a doação deste tipo de material. Em ambos os casos, fica claro que as IES em questão têm conhecimento sobre os cuidados que devem ser empregados no descarte de REEEs e assumem os custos logísticos referentes ao descarte deste material. Entretanto, também neste caso, melhorias neste processo são passíveis de acontecerem, como por exemplo, a negociação dos custos logísticos, uma vez que os REEEs são a matéria prima para os processos das empresas especializadas.

Por fim, 3 IES (5,26%) não souberam dizer qual o destino de seus REEEs, portanto, este total é apontado neste estudo como sendo o desconhecimento sobre os processos. Algumas IES possuem unidades que centralizam os ativos de informática para facilitar o processo de gestão e descarte. Portanto, outras de suas unidades segregam e enviam os REEEs para esta central, mas não detém o conhecimento sobre o processo final.

A questão 9 tem como propósito identificar a existência de incentivos para o descarte correto de resíduos sólidos, em especial os REEEs por parte da alta administração das IES. É interessante reforçar que os REEEs, assim como lâmpadas fluorescentes e outros equipamentos eletroeletrônicos demandam cuidados de gestão específicos. No caso dos REEEs, estes devem ser descartados para empresas com o ferramental e capacitação para tratar adequadamente este material. Assim, é possível de entendimento que incentivos que partem da alta administração da IES têm influência sobre os colaboradores e podem resultar em motivações para que este material não represente danos ambientais e prejuízos sociais.

Dos 57 respondentes, 39 IES (68,42%) afirmaram que a alta administração não oferece nenhum tipo de incentivo para que os REEEs e outros resíduos sólidos sejam corretamente descartados, sem prejuízos ambientais ou sociais. 18 IES (31,58%) afirmaram que a alta administração incentiva o descarte correto deste material.

Conforme resultados levantados na questão 5, 22 IES possuem uma política institucional para o descarte correto de REEEs e 35 não possuem. Portanto, percebe-se que 4 IES incentivam seus colaboradores para descartar corretamente os REEEs, por outro lado, não apresentam fornecer mecanismos para viabilizar este tipo de

processo. É importante relembrar que os REEEs, mesmo inutilizados, fazem parte do grupo de ativos da IES, portanto, dependem de processos bem definidos, normalmente elaborados por uma esfera mais alta de competências. Assim, os incentivos devem contemplar eventuais subsídios para contornar as dificuldades e barreiras existentes no processo como um todo.

A Tabela 15 apresenta uma síntese das respostas obtidas na questão 9:

Tabela 15 – Incentivos da alta administração para o descarte de REEEs e outros resíduos sólidos

Opções de resposta	Respostas	Porcentagem
Não	39	68,42%
Sim	18	31,58%
Total de respondentes:	57	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 ANÁLISE DAS RESPOSTAS – QUESTÃO 10: DIFÍCULDADES PERCEBIDAS NO PROCESSO DE GESTÃO DOS REEEs – BARREIRAS IDENTIFICADAS

Por meio das questões anteriores, é possível traçar um panorama sobre o cenário de gestão e descarte de computadores obsoletos e REEEs pelas IES, identificando e sumarizando as barreiras existentes no processo de descarte deste tipo de material.

Com base nas barreiras identificadas na LR de REEEs, por meio da revisão de literatura, optou-se pelo seu agrupamento, para aproxima-las da realidade das IES. Nesta questão, os respondentes têm a opção de apontar mais de uma barreira que eles percebem no processo de gestão e descarte, assim como apontar outras dificuldades vividas, porém, não percebidas pelo pesquisador. Tendo em vista que tais barreiras aparecem com frequência nos artigos considerados na revisão de literatura, nesta questão, destacam-se 7 pontos chave que são descritos nos próximos segmentos. A Tabela 16 descreve os resultados das respostas obtidas no questionário:

Tabela 16 – Sumarização das barreiras existentes no processo de descarte de REEEs

Opções de resposta	Respostas	Porcentagem
O armazenamento desses materiais, aguardando o processo de LR consome muito espaço, que poderia ser utilizado para outros fins	41	71,93%
A variedade de materiais avariados (Discos rígidos, CDs/DVDs, fontes de alimentação, cabos, placas de vídeo e rede dentre outros é muito grande e precisa ser armazenada até atingir uma quantidade satisfatória para fazer o descarte	28	49,12%
Não há um planejamento para as operações de descarte de REEEs	26	45,61%
É difícil encontrar empresas que venham retirar esses equipamentos sem cobrar nada pelo serviço	23	40,35%
A gestão da empresa não se incomoda muito com o lixo eletrônico	19	33,33%
O processo de doação é burocrático, consome tempo e custos de logística	18	31,58%
Não compensa, financeiramente, fazer diversos descartes em períodos menores do que 1 ano	15	26,32%
Respondentes	57	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para fins comparativos, a Tabela 17 descreve o resumo das barreiras identificadas no descarte de REEEs, segundo a revisão de literatura:

Tabela 17 – Barreiras identificadas na revisão de literatura

Barreira	Citações
Alto custo de operações de descarte correto de REEEs	2
Baixo comprometimento da alta gestão	4
Falta de mão de obra qualificada para as atividades de LR	4
Falta de capital de investimento	3
Existência de contrabandistas e importadores informais	2
Falta de comprometimento dos governantes	4
Falta de leis mais específicas	4
Falta de infraestrutura para monitorar os retornos	2
Falta de infraestrutura para a reciclagem / remanufatura	2
Falta de políticas de apoio econômico	3
Mercado pouco desenvolvido para uso de remanufaturados / reutilizáveis	3
Incerteza de ganhos potenciais frente aos investimentos de remanufatura	2
Falta de planejamento estratégico / integração com operações da SC	2
Mudanças em prioridades funcionais internas e externas	2
Desenvolvimento de produtos que facilitem a LR dos REEEs	1

Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.1 Espaço consumido pela segregação de computadores obsoletos (REEEs), enquanto aguardam a LR

Considera-se a percepção do pesquisador sobre as questões de falta de planejamento estratégico, baixo comprometimento da alta administração e a falta de infraestrutura para a reciclagem deste material, todos identificados na revisão de literatura. O aspecto do uso de espaço destinado para segregar tais materiais, enquanto aguardam a efetivação da LR é bastante relevante e está relacionado com custos tangíveis e intangíveis para a administração da IES.

Tangíveis, porque é natural que existam custos de utilização de cada uma das salas de um prédio da IES. Desta forma, uma sala destinada à segregação deste tipo de material caracteriza um fator de custo para a IES, além do custo de depreciação dos próprios REEEs em si.

Intangíveis, porque a segregação de REEEs em locais inadequados, que

possibilitem o contato com pessoas ou agentes climáticos, podem caracterizar potenciais danos ambientais e também à saúde das pessoas. Uma ocorrência dessas dimensões pode acarretar um impacto negativo sem precedentes para a IES em questão.

É importante reforçar que esta questão não tem como proposta, contemplar os aspectos financeiros da IES, como diluição ou redução de custos, mas sim, apontar uma barreira existente no descarte de REEEs, que está relacionada com as questões de espaços físicos para a alocação desse material. Trata-se de um custo identificado, que não deve ser transferido para o meio ambiente.

As respostas obtidas no questionário apontaram a questão do espaço usado para a segregação de computadores obsoletos, no aguardo da efetivação de sua LR, como sendo uma barreira existente nos processos de descarte de REEEs. Assim, 41 IES (71,93%), afirmaram que os REEEs consomem muito espaço de armazenamento, que poderia ser utilizado para outros fins, representando a maior parcela de resultados obtidos.

4.4.2 Aspectos particulares sobre o consumo de espaço para a segregação de REEEs

A segunda maior parcela de respondentes apontou as questões relacionadas com a grande variedade de periféricos obsoletos e avariados, que representam o maior problema dentre os REEEs, tendo em vista que não mais possuem nenhum tipo de funcionalidade em nenhum sistema computacional.

28 IES (49,12%) afirmaram que a variedade de periféricos computacionais obsoletos ou avariados é muito grande e precisa ser armazenada até que represente uma grande quantidade para que seja feito o processo de descarte, evidentemente, com o menor custo logístico. Esta questão também está relacionada com o espaço destinado para a segregação de REEEs, entretanto, segregar este tipo de material em especial, requer maiores cuidados, tendo em vista que são menores do que uma CPU e fáceis de movimentar fisicamente, porém, mais perigosos, justamente porque seus componentes internos estão expostos. Tais componentes são o chumbo presente nas soldas, cádmio e arsênico dos componentes e outras partes de metais, em alguns casos pontiagudos e cortantes também. Por fim, a ausência de controles destes tipos

de REEEs em função do tamanho pode facilmente levar a descartes incorretos, juntamente com outros tipos de lixos, inclusive, orgânicos.

Assim, percebe-se que, uma infraestrutura inadequada para monitorar os retornos de REEEs e os altos custos das operações de descarte no planejamento estratégico da empresa, configuram barreiras para o descarte correto de REEEs.

4.4.3 Ausência de planejamento para as operações de descarte de REEEs.

A barreira identificada na revisão de literatura, que diz respeito à ausência de planejamento estratégico para as operações de descarte de REEEs, foi apontada por 26 IES, representando 45,61% do total de respondentes. Este percentual representou o terceiro maior observado neste estudo, portanto, muito relevante.

Desta forma, uma vez que o espaço destinado para a segregação deste material gera custos, é interessante que as questões relevantes a este tipo de processo sejam previstas no planejamento estratégico da IES. Presume-se que os colaboradores responsáveis pela área de TI da IES, estejam alinhados com os processos avaliação, identificação de necessidades e substituição de computadores e periféricos obsoletos ou avariados nas IES, portanto, capazes de prever o volume de REEEs que será gerado anualmente.

4.4.4 Equacionamento dos custos logísticos relacionados ao descarte de REEEs

As barreiras configuradas pelos altos custos de operações de descarte de REEEs, a falta de mão de obra qualificada para as operações de LR de REEEs e a dificuldade de encontrar empresas capacitadas para retirar e destinar estes materiais de modo que não representem prejuízos ambientais e sociais foram apontadas pelos respondentes.

Para esta questão, 23 IES (40,35%) afirmaram que existe a dificuldade em encontrar empresas que retirem os REEEs, sem que os custos logísticos sejam considerados. A questão de contemplar custos para operações logísticas de descarte de REEEs tende a ser uma barreira para as IES, tendo em vista a ideia de que, uma pequena parte ou, dependendo do caso, nenhuma parte das despesas empregadas

na aquisição destes materiais será recuperada, muito pelo contrário: custos de operações logísticas podem ser contraídos para o descarte desses REEEs.

Entretanto, uma vez que REEEs são matérias primas para os processos de reciclagem de computadores e periféricos, utilizados por empresas especializadas neste tipo de segmento, torna-se interessante que a IES avalie a questão de contratos que contemplam regras que beneficiem ambas as partes.

4.4.5 Participação da alta administração com o descarte de REEEs.

É sabido que todos os processos administrativos que demandam cuidados extras de avaliação devem ser de conhecimento da alta administração de uma empresa. Não é diferente para as IES, que são empresas com foco no processo de ensino e aprendizagem.

Portanto, o baixo comprometimento da alta administração com as questões de descarte de REEEs foi uma das barreiras identificadas na revisão de literatura e que também foi citada por 19 IES, representando 33,33% de respondentes.

O papel da alta administração deve contemplar a administração e propor sempre melhorias em processos que possam caracterizar prejuízos de qualquer tipo para as IES. Neste aspecto, é indispensável relacionar a questão da imagem da IES perante à sociedade, portanto, de considerável importância. Desta forma, os REEEs devem ser contemplados como itens passíveis de cuidados específicos de gestão e principalmente descarte. Indicadores e relatórios de situações atuais destes materiais dentro da IES devem ser criados, de modo que a alta administração possa acompanhar e tomar as decisões adequadas, quando necessário, além de fornecer mecanismos para que os processos possam ser executados.

Por último, mas, não menos importante, este tipo de processo tende a refletir maior sucesso quando a alta gestão se mostra interessada em uma questão que diz respeito com as questões ambientais e sociais.

4.4.6 Burocracia existente nos processos de doação de REEEs

A questão da burocracia existente no processo de doação foi evidenciada por 18 IES, cerca de 31,58% dos respondentes. A relação desta questão com as barreiras identificadas de falta de comprometimento dos governantes, falta de leis mais específicas e também de políticas de apoio econômico são presentes. Embora a PNRS não especifique os REEEs de modo único, existem as questões legais referentes à doação desses itens, tendo em vista que são caracterizados como ativos da IES, tanto o *hardware*, quanto o *software*. É importante acrescentar que não é a proposta deste estudo a crítica depreciativa em direção à PNRS, mas sim, identificar esta questão como sendo uma barreira para o descarte de REEEs dentro das IES.

Entende-se que exista a necessidade de melhoria no processo de doação deste material para organizações sem fins lucrativos, com a proposta de inclusão social ou, para empresas especializadas em tratar e destina-los sem que causem prejuízos ambientais e sociais.

4.4.7 Longos períodos de acúmulo de REEEs para reduzir custos logísticos

A questão sobre segregar os REEEs por longos períodos de tempo para que uma quantidade satisfatória seja gerada, de modo a compensar os custos logísticos da operação de descarte deste material foi levantada por 15 IES, representando 26,32% dos respondentes. Esta questão está relacionada com os altos custos das operações de LR de REEEs e também com a falta de capital para custear esses processos.

Conforme identificado nas questões anteriores, o fato de ter que acumular REEEs até que atinja uma quantidade satisfatória é uma prática que consome espaços que poderiam ser utilizados para outros fins. Não obstante, a ausência de um processo bem definido para o descarte de REEEs ou, uma política institucional com a mesma finalidade, pode aumentar as chances de perigos às pessoas e ambientais, principalmente se os colaboradores da IES não tiverem conhecimento sobre o grau de periculosidade dos REEEs. É importante acrescentar que é comum o trânsito de

alunos nas IES, especialmente jovens e adultos, nas dependências internas das IES, que podem sofrer injúrias de diferentes tipos em contato com os REEEs.

A questão 8 identificou algumas IES que afirmaram descartar este tipo de REEEs com outros tipos de lixos não orgânicos, o que caracteriza uma prática a não ser seguida por nenhuma empresa. Esperar que, durante o processo de descarte, alguém perceberá a existência de REEEs em meio ao montante de lixo e o separará para que seja enviado para descarte correto, é uma prática a não ser implementada, pois gera incertezas quanto ao seu destino correto.

5 CONCLUSÕES

O uso de computadores como ferramentas para o processo de ensino e aprendizagem nas instituições de ensino, especialmente as de nível superior é um fato. Existem 137 IES na cidade de São Paulo, que oferecem diversos segmentos de ensino além do superior, das quais 57 compuseram a amostra de estudo, possibilitando estabelecer um panorama das barreiras existentes no descarte de REEEs.

Percebe-se que os dispositivos computacionais são, de fato, muito utilizados nas IES, no processo de ensino e aprendizagem, porém, são ferramentas com data de validade curta, que precisam ser substituídas em determinada quantidade anualmente. Quando deixam de ter serventia para as IES, tornam-se passíveis de descarte final como resíduos sólidos e devem obedecer à algumas regras específicas previstas na Lei 12.305 (PNRS), de modo a não oferecer perigos ambientais e às pessoas.

Este tipo de cenário é comum para muitas empresas, a exemplo do levantamento bibliográfico feito neste estudo. As barreiras identificadas na revisão de literatura também podem ser percebidas nas IES, quando abordados os seguintes aspectos:

Em uma das barreiras identificadas, verificou-se que a alta administração não se incomoda muito com as questões relacionadas com os REEEs, fato que contribui negativamente para a criação e implementação de uma política institucional focada para o descarte correto deste tipo de material.

A questão da preocupação da alta administração com os REEEs também está relacionada com a falta de planejamento estratégico para o descarte destes materiais, que caracterizou outra barreira identificada. Ainda nesta questão, outra barreira percebida foi a dificuldade em encontrar empresas capacitadas para tratar este tipo de lixo e também as dificuldades existentes no processo de doação de computadores obsoletos para entidades sem fins lucrativos.

O baixo nível de conhecimento dos itens relevantes da Lei 12.305 (PNRS), por parte de alguns colaboradores das IES, assim como aspectos referentes ao grau de periculosidade que os REEEs oferecem, em caso de manuseio inadequado ou contato com pessoas ou agentes do tempo.

A barreira com maior relevância identificada ficou por conta do espaço físico

que os REEEs consomem para o processo de segregação antes de serem descartados, que poderiam ser utilizados em novas salas de aulas ou mesmo, para alojar setores administrativos específicos. Este aspecto se estende tanto para os computadores obsoletos, porém, ainda em perfeitas condições de utilização, quanto para periféricos avariados, como monitores, CPUs, fontes de alimentação e outros. Estes materiais precisam ficar armazenados até constituírem uma quantidade satisfatória, para que sejam descartados de uma vez só, reduzindo-se os custos logísticos.

Por fim, conclui-se que a aquisição de EEEs é uma prática indispensável, porém, a maioria das IES não considera o fator de espaço para segregar este tipo de material quando perdem as funcionalidades, tornando-se REEEs. Entende-se que ajustes no planejamento estratégico da IE sejam suficientes para contribuir positivamente para redução dos impactos desta barreira. Os valores analisados neste estudo permitiram alcançar o objetivo principal, identificando as barreiras existentes no processo de descarte de REEEs e também identificar uma nova barreira, que é a do consumo de espaço físico.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme descrito na revisão de literatura, diversos estudos em nível mundial abordam as questões relacionadas aos procedimentos de descarte correto para os REEEs, em busca da redução dos impactos ambientais e sociais. Embora os resultados deste estudo tenham identificado barreiras existentes no processo de descarte de REEEs nas IES, fato que também dificulta o sucesso da logística reversa, percebe-se a necessidade de ampliar os estudos em busca da redução desses impactos.

Percebe-se que, a elaboração de um planejamento estratégico com processos bem definidos, que considerem a gestão dos EEEs desde seu processo de aquisição, durante a totalidade de sua vida útil e, por fim, levando-se em conta seu descarte ambientalmente correto como REEEs, caracteriza uma prática benéfica para as IES. Desta forma, os impactos negativos causados pela existência de barreiras que dificultam a LR dos REEEs identificados neste estudo, podem ser reduzidos, ao mesmo tempo que, os papéis de responsabilidade social e consciência ambiental,

podem ser aumentados.

Por fim, reforça-se que participação da alta administração também é um aspecto que pode contribuir positivamente para o sucesso desta política, fomentando a criação e manutenção de valores de responsabilidade social e consciência ambiental.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para estudos futuros, considera-se ampliar o tamanho da amostra no segmento estudantil, considerando-se também IES para os níveis infantil, fundamental e médio. Outro aspecto para estudos futuros é a adequação dos resultados obtidos neste estudo, com foco na elaboração de planejamento estratégico das IES, de modo a reduzir os impactos de consumo de espaço físico por conta dos REEEs.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULRAHMAN, M.; GUNASEKARAN, A.; SUBRAMANIAN, H. Critical barriers in implementing reverse logistics in the Chinese manufacturing sectors. *Int. J. Production Economics*, v. 147, p. 460-471, 2014.
- ACOSTA, B.; PADULA, A. D.; PÉREZ, P. A Logística Reversa na Indústria de Produtos Informáticos: Explorando os mecanismos utilizados pelas empresas no tratamento do lixo-informático. *In: XXXIV Encontro da ANPAD*, Rio de Janeiro, 25 a 29 de setembro, 2010.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Logística reversa de equipamentos eletrônicos: análise de viabilidade técnica e econômica.** Brasília, nov. 2012.
- AGUIAR, A. O., KNIESS, C.T., GRAUNDEZ, G. S., GALLARDO, A.L. C. F.; RIELLA, H.G. A Política Nacional de Resíduos Sólidos e os resíduos da indústria de eletroeletrônicos. *In: O setor de eletroeletrônicos: aspectos técnicos, econômicos, regulatórios e ambientais.* São Paulo: UNINOVE, 2014, cap. 2.
- ALMEIDA, C. M. V. B.; MADUEREIRA, M. A.; GIANNETTI, B. F.; BONILLA, S. H. Substituição das soldas estanho-chumbo na manufatura: efeitos na saúde do trabalhador e no desempenho ambiental. *Gestão de Produção, São Carlos*. v. 20, n. 1, p. 46-58, 2013.
- ARAUJO, A. C. de; MATSUOKA, E. M.; UNG, J. E.; HILSDORF, W. de C.; SAMPAIO, M. Logística reversa no comércio eletrônico: um estudo de caso. *Gestão da Produção, São Carlos*. v. 20, n. 2, p. 303-320, 2013.
- ARAÚJO, M. S. T. **Métodos estatísticos aplicados à educação.** Programa de Mestrado e Doutorado, UNICSUL, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDUSTRIA ELETRO E ELETRONICA. **Panorama econômico e de desempenho setorial 2016.** Brasília, 2016.
- BABBITT, C. W.; KAHHAT, R.; WILLIAMS, E.; BABBITT, G. A. Evolution of product lifespan and implications for environmental assessment and management: a case study of personal computers in higher education. *Environmental Science and Technology*. v. 43, p. 5106-5112, 2009.
- BABBITT, C. W.; WILLIAMS, E.; KAHHAT, R. Institutional disposition and management of end-of-life electronics. *Environment, Science and Technology*. v. 45, p. 5366-5372, 2011.
- BALDÉ, C. P.; WANG, F.; KUEHR, R.; HUISMAN, J. The Global e-waste monitor 2014. United Nations University, IAS-SCYCLE, Bonn, Germany, 2014.
- BALLOU, R. H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais, distribuição física.** São Paulo, Atlas, 1993.
- BARCELOS, T. S.; SILVEIRA, I. F. Pensamento computacional e educação matemática: relações para o ensino de computação na educação básica. *In: XX Workshop sobre educação em computação*, 2012. *Anais do XXXII CSBC*.

BOUZON, M.; GOVINDAN, K.; RODRIGUEZ, C. M. T. Reducing the extraction of minerals: reverse logistics in the machinery manufacturing industry sector in Brazil using ISM approach. **Resources Policy**. v. 46, p. 27-36, 2015.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em 03/12/2015.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 02/06/2015.

BRASIL. Decreto nº 2.306, de 19 de agosto de 1997. Regulamenta, para o Sistema federal de Ensino, as disposições contidas no art. 10 da Medida provisória nº 1.477-39, de 8 de agosto de 1997 e nos arts. 16, 19, 20, 45, 46 e parágrafo 1º, 52, parágrafo único, 54 e 88 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 e dá outras diretrivas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2306.htm>. Acesso em 03/12/2015.

BRASIL. Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. Aprova o Plano Nacional de educação – PNE e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm>. Acesso em 14/07/2016.

BRIZGA, D.; PEKS, L.; BERTAITIS, I. Computer use impact on student's health in the context of ecological approach to occupational safety. **Engineering for Rural Development**, v. 23, p. 598-602, 2013.

CAIRNCROSS, F. **Meio ambiente: custos e benefícios**. São Paulo: Nobel, 1992.

CALIFORNIA, Título 14 Natural Resources, Division 7 California Department of Resources Recycling and Recovery, Chapter 8.2: Electronic Waste Recovery and Recycling, de 23 de setembro de 2003, Artigos 1 a 6.

CANAL-MARQUES, A.; ORTEGA-VEJA, M.; CABRERA, J-M.; FRAGA-MALFATTI, C. Alternative methods to attach componentes in printed circuit boards to improve their recyclability. **Dyna**. v. 81, n. 186, p. 146-152, 2014.

CAROLINA DO NORTE, Capítulo 130A, de 31 de agosto de 2007: Relativo a Lei de saúde pública da Carolina do Norte, Seção 130A-1 a 130A-498. Disponível em: http://www.ncga.state.nc.us/enactedlegislation/statutes/html/bychapter/chapter_130a.html. Acesso em 05/01/2017.

CHI, X.; STREICHER-PORTE, M.; WANG, M. Y. L.; REUTER, M. A. Informal electronic waste recycling: a sector review with special focus on China. **Waste Management**. v. 31, p. 731-742, 2011.

CHIAVENATO, I.; ARÃO, S. **Planejamento estratégico: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2004.

CONNECTICUT, Capítulo 446n, de 06 de julho de 2006: Relativa à Cobertura de Equipamentos Eletroeletrônicos, Seção 22a-629 a 22a-640. Disponível em: https://www.cga.ct.gov/current/pub/chap_446n.htm#sec_22a-629. Acesso em 30/12/2016.

DAVIS, G.; WOLSKI, M. E-waste and the sustainable organization: Griffith University's approach to e-waste. **International Journal of Sustainability in Higher Education**. v. 10, p. 21-32, 2008.

DEMAJOROVIC, J.; MIGLIANO, J.E.B. Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas implicações na cadeia de logística reversa de microcomputadores no Brasil. **Gestão & Regionalidade**. São Paulo, v. 29, n. 87, p. 64-80, 2013.

DIXIT, S.; VAISH, A. Perceived barriers, collection models, incentives and consumers preferences: an exploratory study for effective implementation of reverse logistics. **International Journal of Logistics Systems and Management**. v. 21, n. 3, p. 304-318, 2015.

DOU, Y.; SARKIS, J. A multiple stakeholder perspective on barriers to implementing China RoHS regulations. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 81, p.92-104, 2013.

ECHEGARAY, F. Consumer's reactions to product obsolescence in emerging markets: the case of Brazil. **Journal of Cleaner Production**. v. 30, p. 1-13, 2014.

ERÜST, C.; AKCIL, A.; GAHAN, C. S.; TUNCUK, A.; DEVECI, H. Biohydrometallurgy of secondary metal resources: a potential alternative approach for metal recovery. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**. v. 88, n. 12, p. 2115-2132, 2013.

EUROPEU, Parlamento. Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003: Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos. **Jornal Oficial da União Europeia**. v. 13, 2003.

EUROPEU, Parlamento. Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003: Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). **Jornal Oficial da União Europeia**. v. 13, 2003.

EUROPEU, Parlamento. Diretiva 2012/19/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 4 de julho de 2012: Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) (reformulação). Texto relevante para efeitos do EEE. **Jornal Oficial da União Europeia**. p. 38-71, 24.7.2012.

FROTA NETO, J. Q.; VAN VASSENHOVE, L. N. Original equipment manufacturers' participation in take-back initiatives in Brazil: an analysis of engagement levels and obstacles. **Journal of Industrial Ecology**, v. 17, n. 2, p. 239-248, 2013.

GEORGIADIS, P.; BESIOU, M. Environmental strategies for electrical and electronic equipment supply chains: which to choose? **Sustainability**. v. 1, p. 722-733, 2009.

- GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4^a ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GMÜNDER, S. Recycling – from waste to resource: Assessment of optimal manual dismantling depth of a desktop PC in China based on eco-efficiency calculations. 2007. 124 f. Tese (Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Swiss Federal Institute of Technology Zurich. Switzerland, 2007.
- HAWAII, Chapter 339D, de julho de 2009: Relativa à Lei de Reciclagem de Resíduos Eletrônicos e Televisores, Seções 339D-1 a 339D-27, 2009.
- HORNE, R. E.; GERTSAKIS, J. A. A literature review on the environmental and health impacts of waste electrical and electronic equipment. **RMIT University, relatório elaborado para o Ministério do Meio Ambiente, Governo da Nova Zelândia, Melbourne**, 2006.
- ILLINOIS, Public Act 095-0959, de 17 de setembro de 2008, revisada em 2011: Relativa à LRB095 19031 BDD 45208b, Seções 1 a 95, 2011.
- INDIANA, 2013 Indiana E-Waste Law (IC 13-20.5), de 01 de agosto de 2013: Relativa ao Relatório de Implementação da Lei do Lixo Eletrônico. Indiana Department of Environmental Management Office of Pollution Prevention and Technical Assistance, 2013.
- JALLORINA, M. P.; CULABA, I. B.; ALARCON, M.; SIMPAS, J.; ARANAS, E. B.; DINGEL, B. B. Cyber research mentoring in science in Philippine private universities: leveraging online collaboration technologies and offshore-based alumni. **European Scientific Journal**, v. 4, p. 212-221, 2013.
- JENSE, B.; SCHUUR, P.; BRITO, M. P. de; A reverse logistic diagnostic tool: the case of consumer electronics industry. **International Journal of Advanced Manufacturing technology**. v. 47, p. 495-513, 2010.
- JOHANSSON, G.; BRODIN, M. H. An analysis of product properties affecting performance of end-of-life systems for electrical and electronics equipment. **Management of Environmental Quality: An International Journal**. v. 19, N. 6, 705-717, 2008.
- KHÖLER, A., ERDMANN, L. Expected environmental impacts of pervasive computing. **Human and Ecological Risk Assessment**. v. 10, n. 5, p. 831-852, 2004.
- KAMBEROVIĆ, Ž; KORAĆ, M.; IVŠIĆ, D.; NIKOLIĆ, V.; RANITOVIĆ, M. Hydrometallurgical process for extraction of metals from electronic waste part I: material characterization and process option selection. **MJoM**. v. 15, N. 4, p. 231-243, 2009.
- KOBAYASHI, S. **Renovação da logística: como definir as estratégias da distribuição física global.** São Paulo: Atlas, 2000.
- KOTHARI, C. R. **Research methodology: methods and techniques.** 2nd ed, India, 2004.

LADOU, J.; LOVEGROVE, S. Export of electronics equipment waste. **International Journal of Occupational and Environmental Health. Division of Occupational and Medicine, University of California School of Medicine, San Francisco.** v. 14, n. 1, p.1-10, 2008.

LAU, K. H.; WANG, Y. Reverse logistics in the electronic industry of China: a case study. **Supply Chain Management: An International Journal.** v.14, n. 6, p. 447-465, 2009.

LEITE, P.R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade.** São Paulo: Prentice Hall, 2006.

LI, R. C.; TEE, T. J. C. A reverse logistics model for recovery options of e-waste considering the integration of the formal and informal sectors. **In: International (Spring) Conference of Asia Pacific Business Innovation & Technology Management.** v. 40, p. 788-816, 2012.

LIU, H; LEI, M.; HONGHUI, D.; KEONG LEONG, G. HUANG, T. A dual channel, quality-based price competition model for the WEEE recycling market with government subsidy. **Omega.** v. 59, p. 290-302, 2016.

MAINE, Maine Revised Statutes – Title 38: Waters and Navigation, de 2004, revisada em 2009 e 2011: Relativa ao Capítulo 16: Venda de produtos que afetam o meio ambiente a consumidores, parágrafo 1610: Lixo Eletrônico, 2011.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de metodologia científica.** 7. ed. São Paulo, Atlas, 2010.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E.M. **Técnicas de pesquisa.** 4. ed. São Paulo, Atlas, 1999.

MARYLAND, House Bill 879, de 2005, apresentada em 09 de fevereiro de 2012: Relativa ao Meio Ambiente – Programa de Reciclagem de Eletrônicos do Estado, 2012.

MARTINS, R.A. Abordagens quantitativa e qualitativa. **In: CAUCHICK MIGUEL, P.A.C. (Coord.). Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações.** 2. ed. São Paulo: Elsevier, 2012.

MASAKA, D. Why enforcing social responsibility (CSR) is morally questionable. **Electronic Journal of Business, Ethics and Organization Studies.** v. 13, n. 1, p. 13-21, 2008.

MICHIGAN, Natural Recources and Environmental Protection Act (Excerpt). Ato nr. 451, de 1994: Relativa Ato de Proteção aos Recursos Naturais e Ambientais, Seções 324.17301 a 324.17333. Michigan Compiled Laws Complete Through PA 563, 2016.

MICHIGAN, Ato nr. 394, de 29 de dezembro de 2008: Relativa ao projeto Encaminhado do Senado nr. 897, Seção 11514 a 17313. Disponível em: <http://www.legislature.mi.gov/documents/2007-2008/publicact/htm/2008-PA-0394.htm>. Acesso em 30/12/2016.

MILOVANTSEVA, N., SAPHORES, J-D. E-waste bans and U.S. households' preferences for disposing of their e-waste. **Journal of Environmental Management**. v. 124, p. 8-16, 2013.

MINNESOTA, Minnesota Statutes 2016, de 08 de maio de 2007, revisada em 2009 e 2011: Relativa ao Capítulo 115a – Gestão do Lixo, Seções 115a.01 a 115a.9157, 2011.

MISSOURI, Estatutos Revisados do Missouri, de 16/06/2008, revisada em 28 de agosto de 2016: Relativa ao Capítulo 260 – Controle Ambiental, Seção 260.1050.1 a 260.110.1. Disponível em: <http://www.moga.mo.gov/mostatutes/stathtml/26000010501.html>. Acesso em:05/01/2017.

MORIGI, V. J.; PAVAN, C. Tecnologias de informação e comunicação: novas sociabilidades nas bibliotecas universitárias. **Ci. Inf.** v. 33, n. 1, p. 117-125, 2004.

NATUME, R. Y.; SANT'ANNA, F. S. P. Resíduos eletroeletrônicos: um desafio para o desenvolvimento sustentável e a nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **In: 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production – Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World**. São Paulo – Brazil, May 18th -20th, 2011.

NDZIBAH, E. CSR in Ghana? Diversity should not mean dumping. **Management of Environmental Quality: An International Journal**. v. 20, n. 3, p. 271-277, 2009.

NEGAHBAN, M. B.; TALAWAR, V. G. Dependency on E-resources among social Science faculty in Iranian universities. **Chinese Librarianship: an International Electronic Journal**, v.28, p. 1-7, 2009.

NNOROM, I. C.; OSIBANJO, O. Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations and their applications in the developing countries. **Resources, conservation and recycling**. v. 52, n. 6, p. 843-858, 2008.

NOVAES, M. P. de; ZANTA, V. M. O reuso de computadores pós consumo: desafios e oportunidades. **In: XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Belo Horizonte, MG, de 04 a 07 de outubro de 2011, Brasil.

NOVA JERSEY, Capítulo 130, de 3 de janeiro de 2008, revisado em janeiro de 2009: relativa às emendas nas seções P.L 1987, c2 e P.L 2007, c347. Disponível em: <http://www.njleg.state.nj.us/2008/Bills/PL08/130 .HTM>. Acesso em 05/01/2017.

NOVA JERSEY, Electronic Waste Recycling Act, de 3 de janeiro de 2008: Relativa Lei de Gestão de Resíduos Eletrônicos, que altera a P.L 1987, c102 e complementa o Título 13 dos estatutos revisados. Disponível em: http://www.njleg.state.nj.us/2006/Bills/A4000/3572_U1.HTM. Acesso em: 05/01/2017.

NOVA IORQUE, Environmental Conservation Law Article 27, Title 26, de 29 de maio de 2010: Relativa à Reutilização e Reuso de Equipamentos Eletrônicos, Seções 27-2601 a 26-2621, 2010.

OKLAHOMA, Título 252, Capítulo 515, de 12 de maio de 2008: Relativo ao Enrolled Senate Bill No 1631, Seções 1 a 12, 2008.

- OLOWU, D. Menace of e-wastes in developing countries: an agenda for legal and policy responses. **Law, Environment and Development Journal.** v. 8, p. 61-75, 2012.
- ONGONDO, F. O.; WILLIAMS, I. D. How are WEEE doing? Global trends and future perspectives on electronic wastes. *In: Proceedings of the 3rd BOKU Waste Conference*, 15-17, April, 2009, p. 123-132, Vienna, Italy, 2009.
- ONGONDO, F. O.; WILLIAMS, I. D.; CHERRETT, T. J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. **Waste Management.** v.31, p. 714-730, 2011.
- PENNSILVANYA, House Bill No 708, de 23 de novembro de 2010: Relativo a Assembleia geral da Pensilvanya, Seção de 2009. Disponível em: <http://www.legis.state.pa.us/cfdocs/legis/PN/Public/btCheck.cfm?txtType=HTM&sessYr=2009&sessInd=0&billBody=H&billTyp=B&billNbr=0708&pn=4465>. Acesso em 05/01/2017.
- PÉREZ-BELIS, V.; BOVEA, M. D.; IBÁÑEZ-FORÉS V. An in-depth literature review of the waste electrical and electronic equipment context: trends and evolution. **Waste Management & Research.** v. 33, p. 3-29, 2014.
- PERKINS, D.N.; DRISSE, M-N. B.; NXELE, T.; SLY, P. D. E-waste: a global hazard. Icahn School of Medicine at Monte Sinai. *In: Annals of Global Health*, p. 286-295, 2014.
- PESQUISA ANUAL DO USO DE TI DA FGV EAESP. 26^a Edição, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://eaesp.fgvsp.br/ensinoeconhecimento/centros/cia/pesquisa>>. Acesso em: 02 jun. 2015.
- PRAKASH, C.; BARUA, M. K.; PANDYA, K. Barriers analysis for reverse logistics implementation in indian electronics industry using fuzzy analytic hierarchy process. *In: XVIII Annual International Conference of the Society of Operations Management*, p. 91-102, 2015.
- PUMPINYO, S.; NITIVATTANANON, V. Investigation of barriers and factors affecting the reverse logistics of waste management practice: a case study in Thailand. **Sustainability.** v. 6, pp. 7048-7062, 2014.
- QU, Y., ZHU, Q., SARKIS, J., GENG, Y., ZHONG, Y. A review of developing an e-wastes collection system in Dailan, China. **Journal of Cleaner Production.** v. 52, p. 176-184, 2013.
- RAVI, V. Evaluating overall quality of recycling of e-waste from end-of-life computers. **Journal of Cleaner Production.** v. 20, p. 145-151, 2012.
- Reverse logistics in the electronic industry of China: a case study. **Supply Chain Management: An International Journal.** v. 14, p. 447-465, 2009.
- ROBINSON, B. H. E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. **Science of the Total Environment.** v.185, p. 183-191, 2013.

RHODE ISLAND, Ato de reciclagem, reuso e prevenção de lixo eletrônico, de 27 de junho de 2008: Relativo ao Capítulo 23 a 24.10. Disponível em: <http://webserver.rilin.state.ri.us/Statutes/TITLE23/23-24.10/INDEX.HTM>. Acesso em 06/01/2017.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. An examination of reverse logistics practices. **Journal of Business Logistics**. v. 22, n. 2, p. 129-148, 2001.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. **Going Backwards: reverse logistics trends and practices**. Pittsburgh, PA, 1999.

ROGERS, D. S.; ROGERS, Z. S.; LEMBKE, R. Creating value through product stewardship and take-back. **Sustainability, Accounting Management and Policy Journal**. v. 10, n. 2, p. 133-160, 2010.

SALYERS, V.; CARTER, L.; CARTER, A.; MYERS, S.; BARRETT, P. The search of meaningful e-learning at canadian universities: A multi-institutional research study. **The International Review of Research in Open and Distance Learning**. v. 10, n. 6, p. 315-337, 2014

SANT'ANNA, L. T.; MACHADO, R. T. M.; BRITO, M. J. A logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no mundo: o desafio da desarticulação dos atores. **In: Sustentabilidade em Debate**. v. 6, n. 2, p. 88-105, 2015.

SANT'ANNA, L. T.; MACHADO, R. T. M.; BRITO, M. J. de. Os resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no exterior: diferenças legais e a premência de uma normatização mundial. **Revista de Gestão Social e Ambiental**. v. 8, n. 1, p. 37-53, 2014.

SATHAPORN, M.; RUTH, B. Reverser logistic system of electronic waste in Thailand: an environmental perspective. **Electronics Goes Green 2012+**. **In: International Conference and Exhibition**, 2012.

SANTOS, C.A.F., NASCIMENTO, L. F. M., NEUTZLING, D. M. A gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) e as consequências para a sustentabilidade: as práticas de descarte dos usuários organizacionais. **Revista Capital Científico – Eletrônica (RCCe)**. v. 12, n. 1, p. 1-18, 2014.

SANTOS, E.F., SOUZA, M. T. Um estudo das motivações para a implantação de programas de logística reversa de microcomputadores. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa (RECADM). São Paulo**. v. 8, n. 2, p. 137-150, 2009.

SANTOS, M. R., SHIBAO, F. Y., MOORI, R.G.; TEIXEIRA, C. E. A logística reversa e sua importância na remanufatura e reciclagem de eletroeletrônicos. **In: O setor de eletroeletrônicos: aspectos técnicos, econômicos, regulatórios e ambientais**. São Paulo: UNINOVE, 2014, cap. 3.

STĂNCIULESCU, G. C. Importance of reverse logistics for retail acts. **Supply chain management – New perspectives**. Intech, n.17, p. 357-379, 2011.

SHARPLES, M.; ADAMS, A.; ALOZIE, N.; FERGUSON, R.; FITZGERALD, E.; GAVED, M.; McANDREW, P.; MEANS, B.; REMOLD, J.; RIENTIES, B.; ROSCHELLE, J.; VOGT, K.; WHITELOCK, D.; YARNALL, L. Computational thinking: Solving problems using techniques from computing. *In: Innovating Pedagogy 2015: Open University Innovation Report 4.* p. 23-25, 2015.

SHARMA, S. K.; PANDA, B. N.; MAHAPATRA, S. S.; SAHU, S. Analysis of barriers for reverse logistics: an indian perspective. **International Journal of Modeling and Optimization.** v. 1, n. 2, p. 101-106, 2011.

SINHA-KHETRIWAL, D.; KRAEUCHI, P.; SCHWANINGER, M. A comparison of waste recycling in Switzerland and in India. **Environmental Impact Assessment Review.** v. 25, p. 492-504, 2005.

StEP – Solving the E-Waste Problem. One global understanding of reuse common definitions. United Nations University, Bonn, 2009.

STHIANNOPKAO, S.; WONG, M. H. Handling e-waste in developed and developing countries: initiatives, practices and consequences. **Science of the Total Environment.** v. 463/464, p. 1147-1153, 2013.

STRUNGA, A. The integration of virtual learning communities into universitie's knowledgr management models. *In: 7th World Conference on Educational Sciences (WCES-2015), 05-07 February 2015, Novotel Athens Convention Center, Athens, Greece.* v. 197, p. 2430-2434, 2015.

TEXAS, House Bill No 2714, de 15 de julho de 2007: Relativo ao programa para reciclagem de equipamentos computadorizados de consumidores no estado do Texas, contemplando penalidades administrativas. Disponível em: <http://www.capitol.state.tx.us/tlodocs/80R/billtext/html/HB02714F.htm>. Acesso em 06/01/2017.

TEXAS, Senate Bill No 329, de 19 de maio de 2011: Relativo à venda, recuperação e reciclagem de certos equipamentos de TVs, contemplando penalidades administrativas. Disponível em: <http://www.legis.state.tx.us/tlodocs/82R/billtext/pdf/SB00329F.pdf#navpanes=0>. Acesso em 06/01/2017.

TIBBEN-LEMBKE, R. S.; ROGERS, D. Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. **Supply Chain Management: An International Journal.** v. 7, n. 5, p. 271-282, 2002.

THIERRY, M.; SALOMON, M.; NUNEN, Jo V.; WASSENHOVE, L. Van. Strategic issues in product recovery management. **California Management Review.** v. 37, n. 2, p. 114-135, 1995.

TONANONT, A.; YIMSIRI, S.; JITPITAKLERT, W.; ROGERS, K. J. Performance evaluation in reverse logistics with data envelopment analysis. *In: IIE Annual Conference and Expo 2008 – Vancouver, BC.* p. 764-769.

UTAH, Disposal of Electronic Waste. Sessão Geral do Estado de Utah. Senate Bill nr. 184, de março de 2011: Relativo ao descarte de lixo eletrônico.

- VAN DER WIEL, A.; BOSSINK, B.; MASUREL, E. Reverse logistics for waste reduction in cradle-to-cradle-oriented firms: waste management strategies in the dutch metal industry. **Int. J. Technology Management.** v. 60, p. 96-113, 2012.
- VALLE, C. E. **Qualidade ambiental: ISO 14000.** São Paulo: SENAC, 2002.
- VEIGA, M. M. Analisys of efficiency of waste reverse logistics for recycling. **Waste Management & Research.** v. 31, p. 26-34, 2013.
- VEIT, H. M.; BERNARDES, A. M.; FERREIRA, J. Z.; TENÓRIO, J. A. S.; MALFATTI, C. F. Recovery of copper from printed circuit boards scraps by mechanical processing and electrometallurgy. **Journal of Hazardous Materials.** v. B137, 1704-1709, 2006.
- VERMONT, Estatutos de Vermont online, Título 10: Conservação e desenvolvimento, de 21 de abril de 2010, revisada em 2012: Relativo ao Capítulo 166: Coleta e reciclagem de dispositivos eletrônicos. Parágrafos de 7551 a 7564. Disponível em: <http://legislature.vermont.gov/statutes/fullchapter/10/166>. Acesso em 07/01/2017.
- VIRGINIA, Capítulo 541, de 11 de março de 2008: Relativo ao programa de responsabilidade da manufatura sobre a reciclagem de equipamentos de computadores, Seção 10.1-1425.27 a 10.1-1425.38. Disponível em: <http://leg1.state.va.us/cgi-bin/legp504.exe?081+ful+CHAP0541>. Acesso em 07/01/2017.
- WEI, L. LIU, Y. Present status of e-waste disposal and recycling in China. In: **The 7th International Conference on Waste Management and Technology.** v. 16, p. 506-514, 2012.
- WIDMER, R., OSWALD-KRAPF, H., SINHA-KHETRIWAL, D., SCHNELLMANN, M; BÖNI, H. Global perspectives on e-waste. **Science of the Total Environment.** v. 438, p. 436-458, 2005.
- WISCONSIN, Senate Bill nr. 107, de 23 de outubro de 2009: Relativo ao Ato 50 de Wisconsin: Venda, descarte, coleta e reciclagem de dispositivos eletrônicos com supervisão da autoridade para a destinação correta e aplicação de penalidades, 2010.
- WU, B. Y.; CHAN, Y. C.; MIDDENDORF, A.; GU, X.; ZHONG, H. W. Assessment of toxicity potential of metallic elements in discarded electronics: a case study of mobile phones in China. **Journal of Environmental Sciences.** v. 20, p. 1403-1408, 2008.
- WU, Q., LEUNG, J.Y.S., GENG, X., CHEN, S., HUANG, X., LI, H; HUANG, Z., ZHU, L., CHEN, J., LU, Y. Heavy metal contamination of soil and water in the vicinity of an abandoned e-waste recycling site: implications for dissemination of heavy metals. **Science of the Total Environment.** v. 506/507, p. 217-225, 2014.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e métodos.** 2^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- ZENG, X.; LI, J.; STEVELS, A. L. N.; LIU, L. Perspective of electronic waste management in China based on a legislation comparison between China and EU. **Journal of Cleaner Production.** v. 51, p. 80-87, 2013.

ZENG, X., SONG, Q., LI, J., YUAN, W., DUAN, H., LIU, L. Solving e-waste problem using an integrated mobile recycling plant. **Journal of Cleaner Production.** v. 90, p. 55-59, 2014.

7. ANEXOS

7.1 Questionário aplicado

Este questionário enquadra-se em uma investigação no âmbito de uma tese de Mestrado em Engenharia de Produção, realizado na Universidade Nove de Julho (UNINOVE). O questionário é anônimo e os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins acadêmicos (dissertação de Mestrado).

Não existem respostas certas ou erradas, apenas as situações que se assemelham com a realidade da empresa.

Este estudo de mestrado tem como propósito, contribuir para viabilizar o tratamento de resíduos eletroeletrônicos dentro dos ambientes educacionais. O link desta pesquisa estará disponível após o encerramento desta pesquisa.

Obrigado pela cooperação.

1. QUAL É O SEGMENTO EDUCACIONAL DE SUA EMPRESA? (Pode ser mais de um):

- Ensino Infantil
- Ensino Fundamental
- Ensino Médio
- Ensino Superior
- Pos Graduação
- Mestrado
- Doutorado

2. QUANTOS COMPUTADORES HÁ NO PARQUE DE INFORMÁTICA?
(Número total, considerando também os setores administrativos)

- Até 100 computadores
- Entre 100 e 200 computadores

- Entre 200 e 300 computadores
- Entre 300 e 400 computadores
- Entre 400 e 500 computadores
- Mais de 500 computadores

3. EM MÉDIA, QUANTOS COMPUTADORES SÃO SUBSTITUÍDOS NO PERÍODO DE 1 ANO?

- Entre 1% e 10% do total.
- Entre 10% e 20% do total.
- Entre 20% e 30% do total.
- Entre 30% e 40% do total.
- Entre 40% e 50% do total.
- Acima de 50%.

4. VOCÊ TEM CONHECIMENTO SOBRE ALGUMA LEI QUE DESCREVE OS PROCEDIMENTOS ADEQUADOS PARA O DESCARTE CORRETO DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS OBSOLETOS OU AVARIADOS?

- Não
- Sim

Qual lei?

5. NA INSTITUIÇÃO, EXISTE UMA POLÍTICA PARA O DESCARTE DOS COMPUTADORES E PERIFÉRICOS OBSOLETOS AVARIADOS (aqueles sem nenhuma condição de utilização) E OUTROS PRODUTOS ELETROELETRÔNICOS, QUE ESTEJA ALINHADA COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE?

- Não
- Sim

6. CASO EXISTA UMA POLÍTICA INTERNA PARA O DESCARTE DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS OBSOLETOS OU AVARIADOS, A SUA IMPLEMENTAÇÃO FOI MOTIVADA PORQUÊ? (Pode ser mais de um motivo)

- Pressões da alta administração
- Legislação
- Custos de armazenamento
- Consciência ambiental
- Responsabilidade social

Outros motivos:

7. O QUE É FEITO COM OS COMPUTADORES SUBSTITUÍDOS (OBSOLETOS), PORÉM, AINDA EM PLENAS CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO? (Pode ser mais de uma opção)

- São doados para entidades
- São vendidos para empresas especializadas
- São vendidos para empresas de informática
- São descartados com outros lixos não-orgânicos
- São doados para empresas especializadas
- São doados para empresas de informática

Outros (pode descrever?)

8. COM RELAÇÃO AO DESCARTE FINAL COMO RESÍDUO ELETROELETRÔNICO (Equipamentos e periféricos sem nenhuma condição de utilização ou, avariados), COMO É FEITO O DESCARTE? (Pode ser mais de uma opção)

- São vendidos para empresas especializadas.
- São vendidos para empresas de informática.
- São descartados com outros tipos de lixos não-orgânicos.
- São doados para empresas especializadas.
- São doados para empresas de informática.
- Contrata empresas especializadas para retirar os resíduos eletroeletrônicos.
- Assume os custos logísticos para as doações.

Outros (pode descrever?)

9. EXISTEM INCENTIVOS POR PARTE DA ADMINISTRAÇÃO DA INSTITUIÇÃO, PARA O DESCARTE CORRETO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS OU SÓLIDOS, COMO POR EXEMPLO, LÂMPADAS FLUORESCENTES, MOBILIÁRIOS, COMPUTADORES, PERIFÉRICOS E OUTROS EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS?

- Não
- Sim

10. EM TODO O PROCESSO DE GESTÃO DESSES ATIVOS DE INFORMÁTICA, QUAL A MAIOR DIFICULDADE QUE VOCÊ PERCEBE? (Pode ser mais de uma opção)

- O armazenamento desses materiais consome muito espaço, que poderia ser utilizado para outros fins

- Não compensa, financeiramente, fazer diversos descartes em períodos menores do que 1 ano
- É difícil encontrar empresas que venham retirar esses equipamentos sem cobrar nada pelo serviço
- A variedade de materiais avariados (Discos rígidos, CDs/DVDs, fontes de alimentação, cabos, placas de video e rede dentre outros é muito grande e precisa ser armazenada até atingir uma quantidade satisfatória para fazer o descarte
- O processo de doação é burocrático, consome tempo e custos de logística
- A gestão da empresa não se incomoda muito com o lixo eletrônico
- Não há um planejamento para as operações de descarte de resíduos eletrônicos.

Outros (pode descrever?)