

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Eveline Araujo Rodrigues

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS
ELETROELETRÔNICOS (REEEs) EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO
SUPERIOR (IESs)

Porto Alegre

2019

Eveline Araujo Rodrigues

Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEEs) em Instituições de Ensino Superior (IESs)

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Qualidade.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ângela de Moura Ferreira Danilevicz

Porto Alegre

2019

Eveline Araujo Rodrigues

Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEEs) em Instituições de Ensino Superior (IESs)

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelos Orientadores e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof^ª. Dr^ª. Ângela de Moura Ferreira Danilevicz

Orientadora PPGE/UFGRS

Prof^ª. Christine Tessele Nodari

Coordenadora PMPEP/UFGRS

Banca Examinadora:

Prof.^a Istefani Carísio de Paula, Dr.^a (PPGE/UFGRS)

Prof.^a Jaqueline Teresinha Martins Corrêa Rodrigues, Dr.^a (IFRS – Canoas)

Prof. Renato Perez Ribas, Dr. (PPGC/UFGRS)

*Dedico esta conquista à minha família pelo
apoio incondicional em toda minha trajetória*

AGRADECIMENTOS

À minha família que, apesar da distância, segue sendo o meu porto seguro. Em especial, aos meus pais, Estácio e Sirlei, pelo amor, dedicação e por não medirem esforços em investir na minha educação.

À minha irmã 'predileta' Daniela e o meu cunhado Samuel, por todo carinho e incentivo de sempre.

Às minhas sobrinhas e afilhadas, Isabella e Rafaella, por preencherem a minha vida com um sentimento lindo e puro que só as crianças são capazes de proporcionar.

À minha vó, Olga, por sua imensa generosidade comigo e com todos da família.

Ao amor da minha vida, Diego Devincenzi, por ser a melhor e mais linda companhia nos meus dias e por participar ativamente desta caminhada.

À minha colega de mestrado e amiga, Camila Machado, por ter se tornado o meu braço direito nesta jornada e a maior motivadora nos momentos mais complicados.

Aos meus colegas/amigos do Departamento de Meio Ambiente e Licenciamento (DMALIC) e da Prefeitura Universitária Campus Centro da UFRGS pelo carinho e incentivo. Não vou citar nomes porque são muitos e todos contribuíram de alguma forma para esta conquista.

À minha orientadora maravilhosa, Ângela Danilevich, por compartilhar seu conhecimento e proporcionar ensinamentos que vão além das orientações. Exemplo de força e determinação que vou levar para a vida.

Aos colegas do Departamento de Patrimônio e Almoxarifado Central (DEPATRI), do Centro de Processamento de Dados e do Setor de Suporte da Engenharia de Produção da UFRGS por todas as contribuições.

Aos entrevistados representantes das seguintes Instituições de Ensino: SENAC-RS, UFPEL, UFSM, UNISINOS, UFCSPA e USP pela disponibilidade e participação.

Agradeço, por fim, aos professores da Banca, pela dedicação de tempo e contribuições.

RESUMO

Em razão da variedade e complexidade de suas atividades, as Instituições de Ensino Superior têm potencial de gerar impactos socioambientais tão expressivos quanto pequenas cidades, tanto no local quanto no entorno onde estão inseridas. Entre os principais impactos ambientais negativos, estão aqueles relacionados à geração de resíduos sólidos. Nessa esfera, destacam-se resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, como consequência, principalmente, do uso de equipamentos de TI e comunicação, que permeia fortemente as atividades meio e fim dessas Instituições. A ampla geração desse tipo de resíduo, bem como a sua complexa composição por diferentes materiais e substâncias, evidencia a necessidade de uma gestão sistêmica. Por outro lado, os diferentes fluxos e processos, dentro das Instituições de Ensino Superior compostas por uma estrutura fragmentada em inúmeros setores, departamentos, entre outros, dificultam essa gestão. Nesse sentido, a presente pesquisa objetiva a estruturação de um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para Instituições de Ensino Superior. Para alcançar esse objetivo, foi realizada uma revisão sistemática de literatura com vistas a avaliar estudos sobre sistemas e iniciativas de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em Instituições de Ensino Superior do Brasil e de outros países. A partir dessa revisão foi possível definir um conjunto de etapas e atividades relevantes para compor um modelo de gerenciamento. Na sequência, o modelo proposto foi avaliado por especialistas de diferentes Instituições, resultando em um modelo mais robusto e viável para as Instituições de Ensino Superior. De forma complementar, foi conduzida uma aplicação prática do modelo em uma Instituição Pública de Ensino Superior por meio de uma análise comparativa entre o processo de gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos dessa Instituição e o proposto no modelo. Essa análise resultou em um diagnóstico que permitiu o desenvolvimento de um plano de ação para complementação das etapas identificadas como ‘parcialmente existentes’ e para implantação das etapas ‘inexistentes’ na Instituição. Para tal, foi utilizada a ferramenta de gestão 5W2H. Entre as contribuições desta pesquisa, focada na mitigação de impactos negativos decorrentes da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, destacam-se: (i) a explicitação dos processos de gerenciamento dos equipamentos e seus resíduos dentro das Instituições de Ensino Superior; (ii) a sistematização de um processo de gerenciamento por meio de etapas e atividades, com vistas a gestão efetiva dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos; (iii) a contribuição positiva para o desenvolvimento sustentável das Instituições; (iv) o atendimento da legislação relativa a gestão de resíduos sólidos; e (v) o alinhamento com os preceitos contemporâneos da economia circular.

Palavras-chave: Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEEs), Equipamentos de TI e comunicação, Instituições de Ensino Superior (IESs).

ABSTRACT

Higher Education Institutions are considered having very complex activities. These activities can generate social-environmental like as small cities. Among the significant negative environmental effects are those related to the generation of solid waste. In this sphere, the highlights are the electrical and electronic equipment waste, as a consequence, mainly, of the use of Information Technology equipment and communication, which strongly permeates the activities of these Institutions. The whole generation of this type of waste, as well as its complex composition by different materials and substances, evidences the need for systematic management. On the other hand, the different flows and processes, within the Higher Education Institutions' structure, make this management very difficult. In this sense, the present research aims to propose an electrical and electronic equipment waste management model for Higher Education Institutions, focusing on the mitigation of the negative impacts of it. This goal was divided into two specific objectives. The first one included a systematic literature review of electrical and electronic equipment waste management initiatives in Brazilians' Higher Education Institutions and other countries. The second one was the evaluation of the model using a practical application at a Higher Education Institution to evaluate its efficacy. From the literature review, it was possible to define a set of relevant steps and activities to compose the waste management model. Following that, the waste management model was evaluated by specialists from different institutions, resulting in a more robust and feasible model for Higher Education Institutions. In a complementary way, a practical application of the model in a Public Higher Education Institution was conducted. It compared the Institution's existing practices related to electrical and electronic equipment waste management and the proposed ones. This analysis resulted in a diagnosis that allowed the development of an action plan. This plan considered which model stages of the model were 'partially existing,' 'non-existing,' and 'full existing' in the Institution. For this, the 5W2H management tool was used. Among the contributions of this research is possible to highlight: (i) the clarification of the waste management processes related to electrical and electronic equipment; (ii) the systematization of a waste management process through stages and activities, with a view to the effective management of electrical and electronic equipment waste; (iii) the positive contribution to the Institutions' sustainable development; (iv) the compliance with legislation on solid waste management; and (v) the alignment with the circular economy contemporary fundamentals.

Keywords: Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), IT and communication equipment, Higher Education Institutions (HEIs).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do trabalho.....	21
Figura 2 – Percentual de existência das etapas nos 23 estudos analisados.....	44
Figura 3 – Modelo de gerenciamento de REEEs proposto para IESs.....	52
Figura 4 – Representação exemplificada da composição dos REEEs.....	74
Figura 5 – Representação gráfica dos termos frequentemente citados nas entrevistas.....	80
Figura 6 – Classificação dos itens na solicitação de coleta.....	83
Figura 7 – Modelo definitivo de gerenciamento de REEEs para IESs.....	86
Figura 8 – Centro de Recondicionamento de Computadores (CRC).....	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estrutura da Revisão Sistemática de Literatura (RSL).....	31
Quadro 2 – Categorias de REEEs segundo a Diretiva Europeia 2012/19/EU.....	32
Quadro 3 – Características dos artigos selecionados.....	34
Quadro 4 – Análise de dados dos 23 estudos identificados na RSL.....	45
Quadro 5 – Representação do método de pesquisa.....	77
Quadro 6 – Dados dos especialistas entrevistados.....	79
Quadro 7 – Resumo de atividades propostas para cada etapa do modelo de gerenciamento de REEEs.....	87
Quadro 8 – Requisitos previstos para a etapa de aquisição sustentável.....	88
Quadro 9 – Diagnóstico do processo de gerenciamento de REEEs na UFRGS.....	89
Quadro 10 – Requisitos ambientais adotados nas contratações da UFRGS.....	91

LISTA DE SIGLAS

A3P – Agenda Ambiental na Administração Pública

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEDIR – Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CRC – Centro de Recondicionamento de Computadores

EEE – Equipamento Eletroeletrônico

FATEC ZL – Faculdade de Tecnologia da Zona Leste

IES – Instituição de Ensino Superior

IFCE – Instituto Federal do Ceará

LR – Logística Reversa

ONG – Organização Não Governamental

PEV – Pontos de Entrega Voluntária

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PSA – Prestadora de Serviço Ambiental

REEE – Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico

RoHS – *Restriction of Hazardous Substances*

RSL – Revisão Sistemática de Literatura

SENACRS – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial do Rio Grande do Sul

TI – Tecnologia da Informação

UCS – Universidade de Caxias do Sul

UEM – Universidade Estadual de Maringá

UERN – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

UFBA – Universidade Federal da Bahia

UFCSPA – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

UFPEL – Universidade Federal de Pelotas

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Tema e Justificativa do Tema.....	15
1.2 Objetivos da Pesquisa.....	18
1.3 Procedimentos Metodológicos.....	18
1.4 Delimitações.....	19
1.5 Estrutura do Trabalho.....	20
Referências.....	22
2. ARTIGO 1: PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS PARA INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR.....	26
2.1 Introdução.....	27
2.2 Procedimentos Metodológicos.....	29
2.2.1 Classificação da Pesquisa.....	29
2.2.2 Método de Pesquisa.....	30
2.3 Resultados da Revisão Sistemática de Literatura (RSL).....	30
2.3.1 Classificação de REEE em IES.....	30
2.3.2 Caracterização dos Artigos da RSL.....	32
2.3.3 Sistemas e Iniciativas de Gerenciamento de REEEs em IESs.....	33
2.3.3.1 Sistemas e Iniciativas de Gerenciamento de REEEs em IESs Brasileiras.....	33
2.3.3.2 Sistemas e Iniciativas de Gerenciamento de REEEs em IESs de Outros Países.....	41
2.4 Análise dos Sistemas e Iniciativas de Gerenciamento de REEEs em IESs.....	44
2.5 Proposta de um Modelo de Gerenciamento de REEEs para IESs.....	51
2.6 Considerações sobre o Modelo de Gerenciamento de REEEs Proposto.....	60
2.7 Conclusão.....	61
Referências.....	63
3. ARTIGO 2: IMPLANTAÇÃO DE UM MODELO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR.....	69
3.1 Introdução.....	70
3.2 Gestão Integrada de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.....	72
3.2.1 Definição, Classificação e Caracterização dos REEEs.....	72
3.2.2 Gerenciamento de REEEs e Legislação Aplicável.....	74

3.3 Procedimentos Metodológicos.....	76
3.3.1 Cenário de Pesquisa.....	76
3.3.2 Classificação da Pesquisa.....	77
3.3.3 Método de Pesquisa.....	77
3.3.3.1 Avaliação e Adequação de um Modelo de Gerenciamento de REEEs.....	78
3.3.3.2 Aplicação do Modelo Proposto em uma IES Pública.....	78
3.3.3.3 Elaboração de um Plano de Ação para Implantação do Modelo Proposto.....	79
3.4 Resultados e Discussões.....	79
3.4.1 Proposta de Modelo de Gerenciamento de REEEs para IESs.....	79
3.4.2 Diagnóstico do Processo de Gerenciamento de REEEs na UFRGS.....	88
3.4.3 Plano de Ação para Implantação do Modelo de Gerenciamento de REEEs na UFRGS.....	94
3.5 Conclusão.....	99
Referências.....	101
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
Referências.....	112
APÊNDICE A – Carta-convite para participação na pesquisa.....	122
APÊNDICE B – Roteiro de entrevistas utilizado com os especialistas.....	124
APÊNDICE C – Roteiro de entrevistas utilizado com os <i>stakeholders</i> internos.....	126

1 INTRODUÇÃO

A geração de impactos ambientais por diferentes setores da sociedade está diretamente associada ao tipo de atividade antropogênica realizada. Entre essas atividades estão àquelas desenvolvidas pelo setor da educação, a exemplo das Instituições de Ensino Superior (IESs). Nas IESs são desempenhadas atividades de ensino, pesquisa, extensão, bem como atividades administrativas e de infraestrutura. Nesse contexto, as IESs são equiparadas a cidades de pequeno porte, tendo em vista a quantidade e diversidade de atividades e seus impactos decorrentes (FROIO et al., 2016; ALVES, 2017; PACHECO et al., 2018). Entre os potenciais impactos, estão aqueles relacionados à geração de resíduos sólidos, os quais representam um constante desafio de gestão para a maioria das IESs (GALLARDO et al., 2016).

Devido a sua expressiva geração e complexa composição, os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) estão entre os principais resíduos sólidos gerados nas IESs. A geração expressiva de REEEs pode ser justificada pelo avanço tecnológico, inclusive na área da educação, aliado a redução do ciclo de vida desses equipamentos (AZEVEDO, 2017). De acordo com o estudo de Panizzon et al. (2017), as IESs podem gerar REEEs de todas as categorias previstas na Diretiva nº 19 de 2012 da Comunidade Europeia (PARLAMENTO EUROPEU, 2012), com destaque para os equipamentos de Tecnologia da Informação (TI) e comunicação. Ainda de acordo com Panizzon et al. (2017), a origem de geração dos REEEs nas IESs também é variada, sendo que os setores administrativos e as salas de informática contribuem de forma mais significativa para essa geração.

Em relação à caracterização, os REEEs são constituídos por uma ampla composição de materiais, incluindo metais pesados com potenciais riscos de contaminação, bem como materiais recicláveis e metais nobres, os quais apresentam alto valor agregado (PEREIRA et al., 2017; DIAS et al., 2018). Assim, se por um lado o descarte irregular e o processamento inapropriado geram, por consequência, impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana; por outro, a gestão adequada pode ser considerada um dos fatores determinantes para a promoção da sustentabilidade, possibilitando impactos positivos à economia, à sociedade e ao meio ambiente.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) brasileira, instituída pela Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, define gestão integrada de resíduos sólidos como um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010). A complexidade dos REEEs em relação as

suas características e impactos decorrentes potencializa a necessidade dessa gestão, uma vez que possibilita a minimização de impactos negativos e estimula o retorno de benefícios socioambientais e econômicos (NETO et al., 2017). No entanto, segundo Rodrigues et al. (2018), as iniciativas de sustentabilidade em IESs relacionadas a gestão de resíduos especiais, como os REEEs, são frequentemente apresentadas como práticas isoladas ou estratégias institucionais com algum grau de dificuldade na sua implantação.

Por outro lado, pelo fato de exercerem atividades potencialmente poluidoras e passíveis de licenciamento ambiental, as IESs têm o dever de atender uma série de obrigações referentes à legislação ambiental. No Brasil, a PNRS determina aos grandes geradores, como as IESs, a elaboração e implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRSs), os quais devem contemplar todas as etapas de gerenciamento dos diferentes tipos de resíduos gerados na instituição. Para que essa obrigação se torne um exemplo de gestão para a sociedade à qual a instituição está inserida é importante que os princípios e práticas de sustentabilidade sejam incorporados à IES (RODRIGUES et al., 2018). Em consonância com essa afirmação, Freire e Bortoleto (2018) ressaltam que as instituições de ensino são consideradas fundamentais para o desenvolvimento de soluções inovadoras, tanto para os seus problemas quanto para os da sociedade, não apenas pesquisando, mas também criando novas políticas de gestão.

Assim sendo, entende-se que a elaboração e implantação de um modelo de gerenciamento de REEEs, composto por um conjunto de procedimentos técnico e operacional, pode ser definida como uma ação estratégica na gestão integrada de resíduos sólidos das IESs. Essa alternativa é interessante para qualquer IES, seja ela de direito público ou privado, desde que considerada as suas especificidades. A principal particularidade das IESs públicas brasileiras em relação às privadas reside no modo de efetuar compras e de contratar serviços, os quais devem estar em conformidade com a legislação que institui normas para licitações e contratos da administração pública – Lei 8.666 de 21 de junho de 1993 (BRASIL, 1993). Além disso, quanto à destinação final de REEEs, as IESs públicas devem atender, além da legislação ambiental, o Decreto 9.373, de 11 de maio de 2018, o qual dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequada de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional (BRASIL, 2018).

1.1 Tema e Justificativa do Tema

Considerando os avanços da sociedade contemporânea em virtude da tecnologia, verifica-se o incremento do uso de equipamentos eletroeletrônicos, principalmente, aqueles relacionados à tecnologia da informação e comunicação. De acordo com Schroeder et al. (2015), esses

produtos são os principais facilitadores das mais diversas atividades cotidianas, sendo que no aspecto profissional possibilitam o compartilhamento de informações, a viabilidade e agilidade de processos, a redução de custos com deslocamentos, entre outros benefícios. Por outro lado, o avanço tecnológico aliado à redução do ciclo de vida desses equipamentos, tem como consequência a geração expressiva de REEEs. De acordo com Rodrigues (2016), a substituição de equipamentos eletroeletrônicos, seus componentes e acessórios é acelerada em decorrência do mercado em expansão e das inovações constantes.

Dessa forma, segundo Awasthi et al. (2018), os REEEs são a categoria de resíduos que mais cresce em todo o mundo, com uma geração anual que ultrapassa 46 milhões de toneladas (BALDÉ et al., 2017). Em relação aos REEEs gerados por IESs, a pesquisa de Agamuthu et al. (2015) sobre seis universidades – três americanas, duas australianas e uma brasileira – concluiu que a geração variou de 20.000 kg/ano (Universidade de Sydney) a 272.000 kg/ano (Universidade de Indiana), o que representa uma geração *per capita* de 0,50 a 4,80 kg/ano respectivamente. Enquanto a pesquisa de Panizzon et al. (2017) sobre uma IES brasileira teve como resultado a geração média *per capita* de 1,02 kg/ano de REEE.

Além da geração expressiva, as características do REEE reforça a necessidade de gestão. Segundo Moraes et al. (2014), a composição desses resíduos pode ser dividida, de um modo geral, em materiais: metálicos, cerâmicos e poliméricos. Entre os materiais metálicos, estão diversos metais pesados, que em algumas situações podem causar impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana. De acordo com Ikhlal (2017), esses riscos estão associados, principalmente, a disposição inadequada no ambiente, que em determinadas condições, resulta na contaminação por meio da emissão de substâncias tóxicas na água, no ar e no solo. Outro problema relacionado à geração excessiva de REEEs está no possível esgotamento das reservas minerais necessárias para a extração e posterior produção dos equipamentos, tendo em vista a finitude desses recursos (GIESE et al., 2018).

Por outro lado, o mesmo REEE é composto por materiais recicláveis e metais nobres, os quais apresentam alto valor agregado (DIAS et al., 2018). Nesse sentido, surge inclusive o conceito de ‘mineração urbana de REEE’, que consiste no aproveitamento econômico de recursos do “sobressolo” resultantes da geração de REEEs, a partir da sua reciclagem (XAVIER; LINS, 2018). A recuperação de metais valiosos a partir da reciclagem de REEE pode ser considerada um dos principais instrumentos da economia circular – uma proposta que reúne conceitos relacionados à sustentabilidade na cadeia de suprimentos e que busca dissociar a atividade econômica do consumo de recursos finitos através da economia linear – como no caso das

reservas minerais naturais para a produção de eletroeletrônicos (GIESE et al., 2018). Embora apenas cerca de 20% da quantidade de REEE gerada mundialmente seja coletada e reciclada – no Brasil essa taxa é ainda menor (5%) – diversos estudos demonstram a efetividade da reciclagem desses resíduos (XAVIER; LINS, 2018). Kunrath e Veit (2015) realizaram um estudo com foco na análise de diferentes empresas processadoras de REEEs e concluíram que a parcela reciclável dos resíduos é em média 80% do total de material coletado. Corroborando com esses resultados, o experimento de Kohl e Gomes (2018) sobre a caracterização física e química de REEEs (computadores) e sua reciclabilidade, constatou que 96,66% dos materiais analisados são potencialmente recicláveis.

Nesse contexto, verifica-se que embora haja uma problemática relacionada à geração de REEEs e seus impactos decorrentes, existem alternativas sustentáveis para a mitigação e o retorno de benefícios socioambientais e econômicos. Para tanto, é interessante que as soluções sistemáticas de gestão de REEEs sejam transferidas de macro para microescalas (ZENG et al., 2017). Nesse sentido, cita-se o trabalho de Souza et al. (2016), o qual apresenta a realização de priorização de alternativas de decisão e a definição de critérios de sustentabilidade para a implantação de um sistema de gerenciamento de REEEs na região metropolitana do Rio de Janeiro. O método utilizado foi uma abordagem multicritério, combinando Avaliação do Ciclo de Vida com avaliações qualitativas a partir da opinião de especialistas da área. Em menor escala, a pesquisa de Silva et al. (2015) propôs um plano de gerenciamento de REEEs para uma microempresa de assistência técnica para celular. Nesse plano foram definidas ações desde o acondicionamento e coleta de REEE até a destinação final, além do desenvolvimento de um programa de educação ambiental com foco na redução de resíduos.

Em relação às IESs, verifica-se a existência de diversas iniciativas de gestão, evidenciadas nos trabalhos de Assis e Marcusso (2014), Zanta et al. (2016), Paes et al. (2017), Panizzon et al. (2017), entre outros autores da literatura. Porém, há uma série de dificuldades relacionadas à sistematização efetiva do gerenciamento desses REEEs (ANDRADE et al., 2010; FRANÇA et al., 2010). Quanto a essas dificuldades, uma possível causa, apontada por Tauchen et al. (2008), é o fato de que os fluxos e processos dentro de um campus universitário possuem uma complexidade significativa e uma grande fragmentação em departamentos, setores e estrutura hierárquica. Por outro lado, de acordo com Pacheco et al. (2018), as IESs possuem potencial de estimular práticas sistêmicas, integradas e consistentes, com vistas ao envolvimento da comunidade acadêmica e promovendo o sucesso dessas ações.

Com base no exposto, justifica-se a escolha do tema, tendo em vista que os REEEs estão entre os principais resíduos sólidos gerados nas IESs. Justifica-se ainda pelo fato desses REEEs, quando gerenciados de forma inadequada, potencializarem impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana. Além disso, observa-se que há limitações na literatura sobre soluções sistemáticas de gestão e gerenciamento de REEEs em microescalas, como as IES. Por fim, embora sejam identificadas ações e medidas individualizadas, constata-se uma lacuna no que se refere a sistemas institucionalizados de gerenciamento de REEEs em IESs.

1.2 Objetivos da Pesquisa

Como forma de contribuição ao problema de pesquisa apresentado, o objetivo geral deste estudo consiste na estruturação de um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) para Instituições de Ensino Superior (IESs), com vistas à mitigação de potenciais impactos negativos. Para tanto, listam-se quatro objetivos específicos:

- Avaliação de estudos sobre sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países;
- Definição de etapas e atividades relevantes para compor um modelo de gerenciamento de REEEs em IESs;
- Proposição de um modelo de gerenciamento de REEEs para IESs;
- Diagnóstico de uma IES Pública para planejamento da implantação do modelo.

1.3 Procedimentos Metodológicos

Visando a solução de um problema específico, esta pesquisa é classificada como de natureza aplicada. No que se refere à abordagem, se caracteriza como qualitativa, com a realização de revisão sistemática de literatura (RSL), entrevistas com especialistas, entrevistas com *stakeholders* internos e utilização de ferramenta de gestão. Em relação aos objetivos, o estudo foi baseado em pesquisa exploratória, por meio da construção de soluções para a geração de REEEs em IESs (GIL, 2010).

No primeiro artigo, empregou-se como abordagem metodológica principal, uma revisão sistemática de literatura (RSL) para avaliação de estudos sobre sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países. Para tanto, foi utilizado um método de RSL adaptado de Sampaio e Mancini (2007) com a execução de oito etapas: (i) definição da pergunta científica; (ii) identificação das bases de dados a serem consultadas e

definição de palavras-chaves e de estratégias de busca; (iii) estabelecimento de critérios para seleção dos artigos a partir da busca; (iv) condução da busca nas bases de dados escolhidas e com base nas estratégias definidas; (v) aplicação dos critérios na seleção dos artigos e justificativa de possíveis exclusões; (vi) análise de todos os estudos incluídos na revisão sistemática; (vii) preparação de um resumo crítico, sintetizando as informações disponibilizadas pelos artigos da revisão sistemática; e (viii) apresentação de uma conclusão, informando a evidência sobre os efeitos da intervenção. A partir da análise dos resultados da RSL, foi possível definir etapas e atividades para compor um modelo de gerenciamento de REEES para IESs.

Em relação ao segundo artigo, os procedimentos metodológicos incluíram: entrevistas com especialistas; análise de conteúdo; entrevistas com *stakeholders* internos; e aplicação da ferramenta de gestão 5W2H. As entrevistas com especialistas vinculados a diferentes IESs brasileiras foram realizadas com o intuito de avaliar o modelo de gerenciamento de REEES proposto no Artigo 1. Essas entrevistas resultaram em um conjunto de opiniões sobre o modelo proposto, considerando suas etapas e atividades. Posteriormente, esses dados foram analisados qualitativamente com o auxílio do *software* SQR NVIVO, gerando potenciais ajustes no modelo apresentado e resultando, conseqüentemente, na proposta de um novo modelo de gerenciamento de REEES para IESs.

Na sequência, foi definida uma IES Pública como estudo de caso para o planejamento da implantação do modelo proposto. Para tanto, foram realizadas entrevistas com *stakeholders* internos à IES, com o intuito de diagnosticar o processo de gerenciamento de REEES dessa IES. Dessa forma, a análise comparativa entre o sistema de gerenciamento de REEES da IES estudo de caso e o sistema proposto no modelo, resultou na identificação de etapas existentes, parcialmente existentes e inexistentes na referida IES. A partir desses dados, utilizando como referência a ferramenta de gestão 5W2H, foi desenvolvido um plano de ação para complementação das etapas identificadas como ‘parcialmente existentes’ e para implantação das etapas identificadas como ‘inexistentes’ na IES.

1.4 Delimitações

A primeira delimitação deste estudo está relacionada ao fato de o trabalho ter como foco os processos existentes em Instituições de Ensino Superior de direito público e privado. Dessa forma, nesta pesquisa não são abordadas instituições de ensino de outros níveis ou instituições de outros segmentos.

Além disso, considerando que o modelo de gerenciamento proposto é voltado para IESs, o trabalho focou na principal categoria de REEE gerada por elas. Portanto, não são exploradas todas as categorias de REEEs previstas na Diretiva Europeia 2012/19/EU (PARLAMENTO EUROPEU, 2012), delimitando-se a categoria mais significativa.

Embora existam diversos impactos ambientais negativos relacionados aos equipamentos eletroeletrônicos em diferentes fases de seu ciclo de vida, neste trabalho, são abordados somente aqueles decorrentes dos processos internos das IESs e do processo decisório de destinação final dos REEEs. Assim sendo, não são considerados quaisquer outros tipos de impactos anteriores e em grande escala causados por esses equipamentos, sejam eles associados à extração de matéria-prima, à produção, ao transporte, entre outros.

1.5 Estrutura do Trabalho

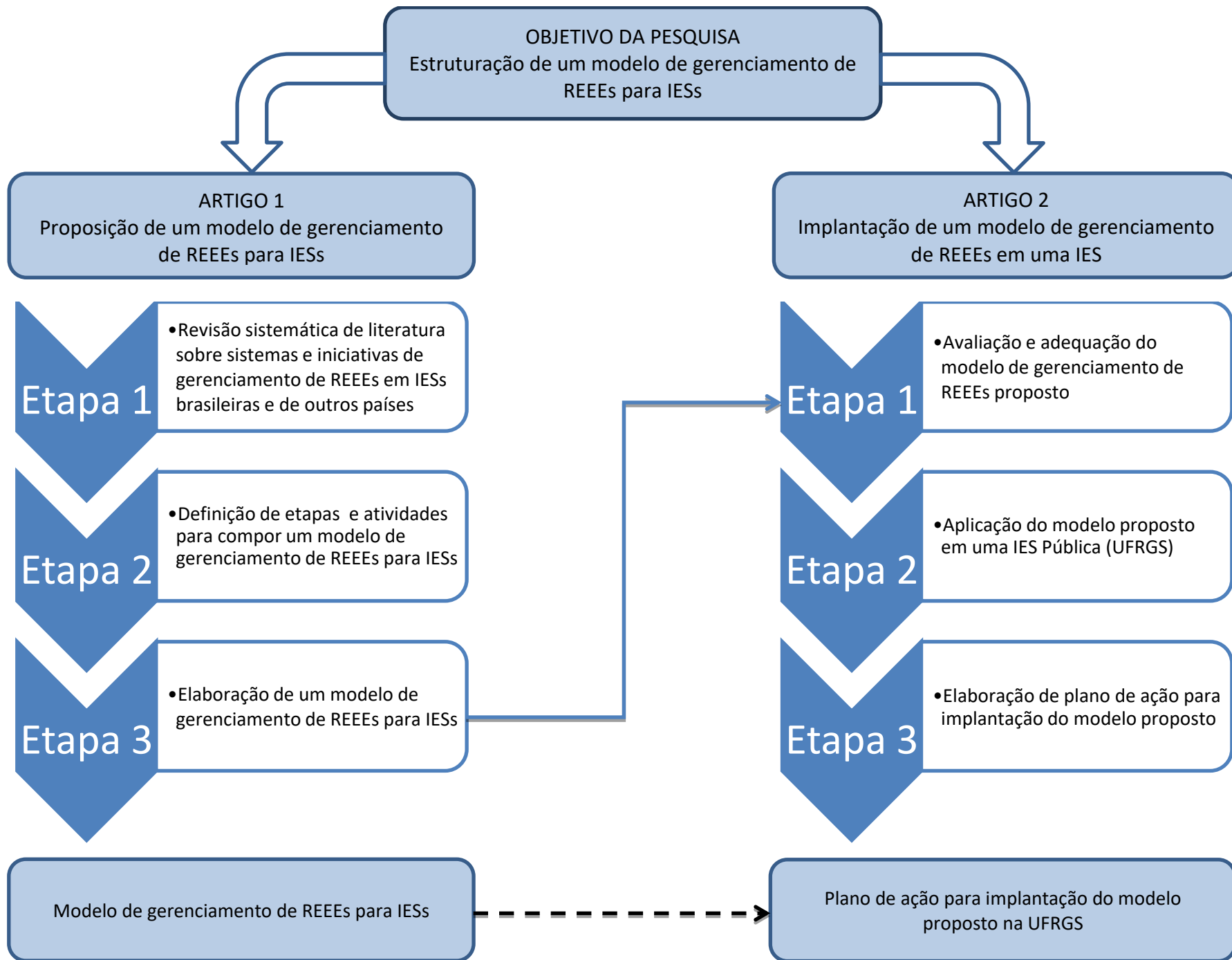
O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos. O primeiro apresenta a introdução, contemplando uma contextualização inicial, o tema e a justificativa do tema, os objetivos da pesquisa, os procedimentos metodológicos e as delimitações. Os capítulos dois e três contêm um artigo cada, sendo esses detalhados a seguir e representados na Figura 1.

O segundo capítulo, que contempla o primeiro artigo da dissertação, teve como objetivo a proposição de um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para Instituições de Ensino Superior. Para tanto, a partir de uma revisão sistemática de literatura (RSL) sobre sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países, foram definidas etapas e atividades relevantes para compor esse modelo.

O terceiro capítulo, composto pelo segundo artigo da dissertação, objetivou o planejamento da implantação do modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em uma IES Pública. Para alcançar esse objetivo, o modelo previamente proposto no Artigo 1 foi avaliado por especialistas e adequado de acordo com essa avaliação, resultando em um novo modelo de gerenciamento de REEEs para IESs. Na sequência, esse modelo foi aplicado, como estudo de caso, em uma IES Pública (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Por fim, foi desenvolvido um plano de ação para implantação do modelo proposto.

No quarto capítulo foram realizadas as considerações finais deste trabalho. Dessa forma, foi apresentada uma análise geral da pesquisa desenvolvida e dos resultados, bem como sugestões de trabalhos futuros.

Figura 1 – Estrutura do trabalho



Referências

- AGAMUTHU, P.; KASAPO, P.; NORDIN, N.A.M. E-waste flow among selected institutions of higher learning using material flow analysis model. **Resources, Conservation and Recycling**, v.105, p.177-185, 2015.
- ALVES, A. R. Responsabilidade ambiental: os benefícios de um sistema de gestão ambiental (SGA) em instituições de ensino superior (IES). **Revista da Universidade de Ibirapuera**, São Paulo, n.13, p.24-33, 2017.
- ANDRADE, R. T. G.; FONSECA, C. S. M.; MATTOS, K. M. C. Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática nas faculdades e universidades de Natal – RN. In: xxx Encontro Nacional de Engenharia de Produção Maturidade e Desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. 2010, São Carlos. **Anais...** São Carlos – SP, 2010.
- ASSIS, T. C.; MARCUSSO, N. T. Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos: o caso CEDIR. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, v.2, n.2, p.22-36, 2014.
- AZEVEDO, L. P. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo: visão da sustentabilidade**. 2017. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da Rede Temática de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.
- AWASTHI, A. K.; CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I.; LI, J.; ROSA, P.; TERZI, S.; WEI, G.; ZENG, X. Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase. **Science of the Total Environment**, v.613-614, p.46-53, 2018.
- BALDÉ, C. P.; FORTI, V.; GRAY, V.; KUEHR, R.; STEGMANN, P. **The Global E-Waste Monitor**, 2017. Disponível em: < www.ewastemonitor.info >. Acesso em: 15 janeiro 2019.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 9.373**, de 11 de maio de 2018. Dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequadas de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Brasília, DF, 2018.
- BRASIL. Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei n. 8.666**, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF, 1993.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei n. 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.

DIAS, P.; MACHADO, A.; HUDA, N.; BERNARDES, A. M. Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes. **Journal of Cleaner Production**, v.174, p.7-16, 2018.

FRANÇA, F. C. C.; MORALES, G.; SALES, M. V. S. Revisão do tratamento sustentável do lixo eletrônico em IES: estudo de caso. **Agenda Social**, v.4, n.2, p.44-58, 2010.

FREIRE, B. V.; BORTOLETO, A. P. Evaluation of Environmental Impacts from a Molecular Evolution Laboratory's Waste Management System - A Brazilian Case Study. p. 333-347. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

FROIO, P. J.; SILVA, A. C. N.; PALAVER, D.; ESTEVES, M. S. R.; CASTRO, R. Práticas sustentáveis em serviços educacionais: uma comparação público-privada à luz da agenda de administração pública (A3P). In: xxxvi Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2016.

GALLARDO, A.; EDO-ALCÓN, N.; CARLOS, M.; RENAU, M. The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. **Waste Management**, v.53, p.3-11, 2016.

GIESE, E. C.; XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Biomineração Urbana: O futuro da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. **Brasil Mineral**, v.385, p.36-39, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo. Atlas, 2010.

IKHLAYEL, M. Environmental impacts and benefits of state-of-the-art technologies for E-waste management. **Waste Management**, v.68, p.458-474, 2017.

KOHL, C. A.; GOMES, L. P. Physical and chemical characterization and recycling potential of desktop computer waste, without screen. **Journal of Cleaner Production**, v.184, p.1041-1051, 2018.

KUNRATH, J. L.; VEIT, H. M.; Resíduos eletroeletrônicos: materiais reaproveitados dentro da cadeia de processamento. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.10, n.2, p.68-72, 2015.

MORAES, V. T.; ESPINOSA, D. C. R.; LUCENA, L. L. Tecnologias de tratamento para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. p. 129-148. In: CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade**. Ed.1, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

NETO, G. C. O.; CORREIA, A. J. C.; SCHROEDER, A. M. Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in Brazil and Switzerland. **Resources, Conservation & Recycling**. v.127, p.42-55, 2017.

PACHECO, R. M.; LAURENTI, A.; SANTOS, B. E. S.; MATTES, I.; MEIRELES, S. Diagnosis of Chemical and Special Waste Management in a Higher Education Institution: A Methodology for Data Acquisition and Processing. p. 205-217. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

PAES, C. E.; BERNARDO, M.; LIMA, R. S.; LEAL, F. Management of waste electrical and electronic equipment in brazilian public education Institutions: implementation through action research on a university campus. **Systemic Practice and Action Research**, v.30, p. 377–393, 2017.

PANIZZON, T.; REICHERT, G. A.; SCHNEIDER, V. E. Avaliação da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) em uma universidade particular. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.4, p.625-635, 2017.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2012/19/EU**. Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Reformulação. Jornal Oficial da União Europeia. 2012.

PEREIRA, R. S. C.; RIBEIRO, F. M.; GÜNTHER, W. M. R. Indicadores para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: uma comparação inicial. In: 6° International Workshop Advances in Cleaner Production, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2017.

RODRIGUES, C. A.; LAURENTI, A.; SOUZA, L.; SANTOS, S. B. E. The Sustainable Management of Special Waste at UFSC - Work and Environment. p.793-810. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

RODRIGUES, J. T. M. C. **Seleção de Variáveis para Prever a Demanda de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos no Contexto da Logística Reversa**. 2016. 176f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de

Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v.11, n.1, p.83-89, 2007.

SCHROEDER, A. M.; NETO, G. C. O.; PINTO, L. F. R.; BAPTISTA, E. A. Benefícios econômicos e ambientais da reciclagem e reuso de resíduos eletroeletrônicos: Estudo de caso em um centro de reciclagem especializado em São Paulo. In: XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2015, Resende. **Anais...** Resende, 2015.

SILVA, A. C. L.; FERNANDES, F. K. A.; MOTA, R. O. Gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos: estudo de caso em uma empresa de assistência de celular. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2015.

SOUZA, R. G.; CLÍMACO, J. C. N.; SANT'ANNA, A. P.; ROCHA, T. B.; VALLE, R. A. B.; QUELHAS, O. L. G. Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil. **Waste Management**, v.57, p.46-56, 2016.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L.; FRANDOLOSO, M. A. L.; RODRIGUES, F. B. Proposição de um modelo de gestão ambiental: aplicação na Faculdade de Horizontina – FAHOR. In: I Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis (ELAUS) – Universidades Sustentáveis, Possibilidades e Desafios. 2008, Horizontina. **Anais...** Horizontina, 2008.

XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil. **Brasil Mineral**, v.379, p.22-26, 2018.

ZANTA, V. M.; OLIVEIRA, C. C. A.; QUEIROZ, L. M. Análise dos entraves à gestão sustentável de resíduos de tecnologia da informação na Universidade Federal da Bahia. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v.4, n.2, p.232-251, 2016.

ZENG, X.; YANG, C.; CHIANG, J. F.; LI, J. Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. **Science of the Total Environment**, v.575, p.1-5, 2017.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa foi desenvolvida com a finalidade de contribuir para a minimização da problemática relacionada à geração de REEEs em IESs com vistas à mitigação de potenciais impactos negativos. Para alcançar esse objetivo, foi proposto um modelo de gerenciamento de REEEs para IESs, composto por um conjunto de etapas e atividades, desde a aquisição dos equipamentos até a destinação final dos resíduos. Essa proposta foi consolidada a partir do desenvolvimento de dois artigos, conforme apresentado a seguir.

O Artigo 1 (Capítulo 2) objetivou a elaboração de um modelo de gerenciamento de REEEs para IESs, como forma de contribuir para o planejamento e implantação de novos sistemas e para o aperfeiçoamento de sistemas existentes. Para tanto, o trabalho buscou compreender e avaliar os sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países. Esse mecanismo foi realizado através de uma revisão sistemática de literatura (RSL) sobre estudos relacionados ao tema. O estudo dos 25 artigos, resultantes da RSL, concluiu que, apesar das dificuldades quanto à sistematização do gerenciamento de REEEs, as IESs possuem práticas e ações que objetivam uma melhor gestão. Assim, com base nesses estudos e na Política Nacional de Resíduos Sólidos, foram definidas dez etapas para compor um modelo de gerenciamento de REEEs, a ser operacionalizado por meio de dois sistemas: sistema de gerenciamento de EEE e sistema de gerenciamento de REEE. O primeiro tem início na aquisição do equipamento eletroeletrônico até o momento em que o mesmo não tem mais função para a unidade geradora da IES, contemplando as etapas de aquisição sustentável; manutenção (preventiva e corretiva); e solicitação de coleta. O segundo sistema tem seu começo na coleta do equipamento (REEE), disponibilizado na etapa anterior, até a sua destinação, considerando as etapas de logística interna; armazenamento; triagem; acondicionamento; reutilização (interna e/ou externa à IES); descaracterização; e destinação final.

A pesquisa desenvolvida no Artigo 1 possibilitou compreender os fluxos e processos comuns às IESs, bem como as práticas e ações relacionadas ao gerenciamento de seus REEEs. Assim foi possível definir etapas e atividades necessárias para a sistematização do gerenciamento de REEEs em IESs e, conseqüentemente, estruturar em forma de um modelo de gerenciamento. Dessa forma, verifica-se que os objetivos iniciais desse artigo foram alcançados, uma vez que, o modelo apresentado pode efetivamente ser utilizado para implantação ou aperfeiçoamento de sistemas de gerenciamento de REEEs em IESs públicas e privadas. Para tanto, é necessário conhecer e considerar, previamente, as especificidades da IES, como dotação orçamentária,

pessoal e exigências legais as quais estão submetidas. Diante do modelo de gerenciamento de REEEs para IESs proposto, constatou-se a necessidade de avaliação com especialistas da área e, posteriormente, a aplicação prática em uma IES.

O Artigo 2 (Capítulo 3) delineou o planejamento da implantação do modelo de gerenciamento proposto em uma IES específica: a Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Nesse sentido o método de pesquisa do referido artigo consistiu em três estágios, desenvolvidos a partir dos seguintes objetivos: avaliação e adequação do modelo de gerenciamento proposto; aplicação do referido modelo em uma IES Pública (UFRGS); e elaboração de um plano de ação para sua implantação. No primeiro estágio, foram realizadas entrevistas com seis especialistas de diferentes IESs: SENAC-RS, USP, UNISINOS, UFCSPA, UFPEL e UFSM. As opiniões e sugestões dos especialistas acerca do modelo proposto foram analisadas com o auxílio do *software* de Pesquisa Qualitativa Facilitada SQR NVIVO. A análise de conteúdo das entrevistas proporcionou ajustes na proposta inicial, resultando em um novo modelo de gerenciamento de REEEs para IESs. Nesse novo modelo foram mantidas conforme a proposta inicial, as etapas de manutenção, logística interna, triagem, acondicionamento, reutilização e destinação final. Por outro lado, as etapas de aquisição sustentável, solicitação de coleta e armazenamento foram alteradas no sentido de incluir informações e atividades. Quanto à etapa de descaracterização, a decisão foi transferir para o gerenciamento externo, visando a sua viabilidade econômica. Além disso, foi adotada uma etapa complementar ao modelo, a de aquisições via recursos de projetos; bem como uma atividade sistêmica ao processo de gerenciamento de REEEs: a educação ambiental. Essas adequações resultaram em um modelo de gerenciamento mais robusto e viável para IESs, com vistas a sua implantação.

No segundo estágio, a partir de entrevistas com *stakeholders* internos à IES estudo de caso (UFRGS), foi possível obter um panorama do processo de gerenciamento dos seus REEEs. Verificou-se que, assim como a maioria das IESs analisadas no Artigo 1, a UFRGS possui iniciativas de gestão de REEEs, porém não apresenta um processo de gerenciamento definido. Dessa forma, com base no modelo de gerenciamento proposto, foram identificadas as etapas existentes, parcialmente existentes e inexistentes na UFRGS. Esse diagnóstico foi relevante para a pesquisa porque possibilitou entender a complexidade envolvida no gerenciamento de REEEs, considerando as etapas e atividades previstas no modelo.

No terceiro estágio, a partir dos resultados do estágio anterior, foi desenvolvido um plano de ação para a implantação do modelo proposto. Dessa forma, utilizando a ferramenta de gestão 5W1H, o referido plano de ação consistiu em uma síntese das ações necessárias para a

complementação das etapas identificadas como ‘parcialmente existentes’ e implantação das etapas identificadas como ‘inexistentes’. Dessa forma, o terceiro estágio estabeleceu de forma sucinta as ações necessárias para operacionalização do modelo proposto, bem como os responsáveis por cada etapa contemplada no modelo. Assim sendo, o último estágio do Artigo 2 efetivou o planejamento da implantação do modelo de gerenciamento de REEEs em uma IES Pública (UFRGS), contribuindo para o alcance do objetivo geral da pesquisa.

A partir do estudo desenvolvido nesta pesquisa, é possível concluir que persistem muitos desafios relacionados à gestão de REEEs em IESs, sejam elas públicas ou privadas. Esses desafios estão associados, principalmente, as características do resíduo (composição) e sua quantidade expressiva de geração. As práticas observadas nas IESs mostram que, de maneira geral, não são consideradas ações para minimizar a geração de REEEs. Além disso, é possível constatar que o processo decisório para a destinação final desses resíduos não considera, na maioria das vezes, o gerenciamento até o final de vida.

Considerando o exposto, a presente pesquisa contribuiu para a explicitação de todo o ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos nas IESs, desde a sua aquisição até a sua destinação final, como REEE. A partir do modelo de gerenciamento proposto, a pesquisa contribuiu para a identificação de etapas e atividades que permitem a mitigação de impactos negativos associados à geração dos REEEs dentro das IESs. Nesse sentido, destacam-se: (i) o uso de equipamentos menos impactantes a partir da aquisição sustentável; (ii) a redução da geração de REEEs a partir da servitização e manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos; (iii) a prevenção de descarte irregular a partir de um sistema regular de solicitação de coleta e logística interna; (iv) a reutilização de equipamentos a partir da triagem e acondicionamento dos itens; e (v) a reinserção dos materiais ao segmento produtivo, a partir da descaracterização e reciclagem estabelecidas no processo decisório de destinação final dos resíduos (REEEs irre recuperáveis). Adicionalmente, a partir da aplicação do modelo, a pesquisa contribuiu ainda para a possibilidade de realização de diagnósticos em organizações geradoras desses resíduos, de maneira a identificar potenciais melhorias nos processos de gerenciamento.

Considerando as oportunidades para o desenvolvimento de trabalhos futuros, sugere-se: (i) uma análise efetiva das alternativas de destinação final dos REEEs irre recuperáveis da UFRGS, considerando os aspectos ambientais, sociais e econômicos; (ii) uma análise financeira quanto a implantação do modelo proposto; (iii) a validação estatística do modelo; e (iv) a proposição de indicadores de sustentabilidade associados a efetividade e qualidade do modelo proposto.

Referências

- AGAMUTHU, P.; KASAPO, P.; NORDIN, N.A.M. E-waste flow among selected institutions of higher learning using material flow analysis model. **Resources, Conservation and Recycling**, v.105, p.177-185, 2015.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**, 2013.
- ALVES, A. R. Responsabilidade ambiental: os benefícios de um sistema de gestão ambiental (SGA) em instituições de ensino superior (IES). **Revista da Universidade de Ibirapuera**, São Paulo, n.13, p.24-33, 2017.
- ALVES, D. S. **O descarte dos equipamentos de informática da Universidade de São Paulo: um estudo sobre o CEDIR-USP e as empresas receptoras dos resíduos eletrônicos**. 2015. 148 f. Dissertação (Mestre em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2015.
- ANDRADE, R. T. G.; FONSECA, C. S. M.; MATTOS, K. M. C. Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática nas faculdades e universidades de Natal – RN. In: xxx Encontro Nacional de Engenharia de Produção Maturidade e Desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. 2010, São Carlos. **Anais...** São Carlos – SP, 2010.
- ASSIS, T. C.; MARCUSSO, N. T. Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos: o caso CEDIR. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, v.2, n.2, p.22-36, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11174**: Armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III – inertes. Rio de Janeiro, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12235**: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15833**: Manufatura Reversa – Aparelhos de refrigeração. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16156**: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para atividade de manufatura reversa. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 20400**: Compras Sustentáveis. Rio de Janeiro, 2017.

AWASTHI, A. K.; CUCCHIELLA, F.; D’ADAMO, I.; LI, J.; ROSA, P.; TERZI, S.; WEI, G.; ZENG, X. Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase. **Science of the Total Environment**, v.613-614, p.46-53, 2018.

AZEVEDO, L. P. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo: visão da sustentabilidade**. 2017. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da Rede Temática de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

BABBIT, C. W.; WILLIAMS, E.; KAHHAT, R. Institutional disposition and management of end-of-life electronics. **Environmental Science & Technology**, v.45, p.5366–5372, 2011.

BALDÉ, C. P.; FORTI, V.; GRAY, V.; KUEHR, R.; STEGMANN, P. **The Global E-Waste Monitor**, 2017.

BARRETO, C. A. A. Logística reversa dos resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos: análise do consumo e pós – consumo dos computadores da Universidade Federal de Pernambuco. **Revista Pernambucana de Tecnologia**, Recife, v. 3, n. 3, p. 23–31, 2015.

BRASIL. Ministério das Comunicações. Secretaria de Inclusão Digital. **Documento de Referência**: Centros de Recondicionamento de Computadores, 2015.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa n. 1**, de 19 de janeiro de 2010. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 9.373**, de 11 de maio de 2018. Dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequada de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Brasília, DF, 2018.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 99.658**, de 30 de outubro de 1990. Regulamenta, no âmbito da Administração Pública Federal, o reaproveitamento, a movimentação, a alienação e outras formas de desfazimento de material. Brasília, DF, 1990.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 7.174**, de 12 de maio de 2010. Regulamenta a contratação de bens e serviços de informática e automação pela administração pública federal, direta ou indireta, pelas fundações instituídas ou mantidas pelo Poder Público e pelas demais organizações sob o controle direto ou indireto da União. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 9.178**, de 23 de outubro de 2017. Altera o Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, que regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública - CISAP. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei n. 8.666**, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF, 1993.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei 10.295**, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei n. 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.

BRINGHENTI, J. R.; KORRES, A. M. N.; ANDREÃO, R. V.; GÜNTHER, W. M. R. Evaluation of Sustainable Bin for Recyclable Solid Waste. p.175-183. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

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

CAVALCANTE, V. M. R. M.; ARAÚJO, B. D. L.; MENEZES, J. W. M. TI Verde: estudo de caso e propostas de práticas sustentáveis no IFCE. In: Encontro de Iniciação Científica Toledo – Faculdades Integradas Antônio Eufrásio de Toledo. Presidente Prudente – SP. **Anais..** v. 8, n. 8, 2012. Presidente Prudente, 2012.

CHIBUNNA, J. B.; SIWAR, C.; BEGUM, R. A.; MOHAMED, A. F. The challenges of e-waste management among institutions: a case study of UKM. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v.59, p.644 – 649, 2012.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP, 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

CONTO, S. M. **Gestão de Resíduos em Universidades**. 1 ed. Caxias do Sul. EDUCS, 2010.

CRUZ, J. A. R.; CARVALHO, E. H. Diagnóstico dos resíduos sólidos da Universidade Federal de Goiás. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2009, Recife. **Anais...** Recife, 2009.

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, n 1, p.21-32, 2009.

DELGADO, C. C. Propuesta de implementación de un sistema de gestión ambiental para campus universitario. **Poliantea**, Bogotá, v.2, n.3, 2005.

DIAS, P.; MACHADO, A.; HUDA, N.; BERNARDES, A. M. Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes. **Journal of Cleaner Production**, v.174, p.7-16, 2018.

FERREIRA, L. F. F.; JUNIOR, F. R. L. Gestão de resíduos em instituições de ensino superior: um estudo de caso sobre o gerenciamento de resíduos de computadores, lâmpadas, pilhas e baterias. XXII Simpósio de Engenharia de Produção – SIMPEP: Política Nacional de Inovação e Engenharia de Produção Bauru, 2015 **Anais...** Bauru – SP, 2015.

FRANÇA, F. C. C.; MORALES, G.; SALES, M. V. S. Revisão do tratamento sustentável do lixo eletrônico em IES: estudo de caso. **Agenda Social**, v.4, n.2, p.44-58, 2010.

FREIRE, B. V.; BORTOLETO, A. P. Evaluation of Environmental Impacts from a Molecular Evolution Laboratory's Waste Management System - A Brazilian Case Study. p. 333-347. In:

- FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.
- FROIO, P. J.; SILVA, A. C. N.; PALAVER, D.; ESTEVES, M. S. R.; CASTRO, R. Práticas sustentáveis em serviços educacionais: uma comparação público-privada à luz da agenda de administração pública (A3P). In: xxxvi Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2016.
- GALLARDO, A.; EDO-ALCÓN, N.; CARLOS, M.; RENAU, M. The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. **Waste Management**, v.53, p.3-11, 2016.
- GAMA, E. F.; VASCONCELLOS, J. M. S.; MACHADO, A. L. S. A logística reversa do lixo eletrônico: um estudo de caso no Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Distrito Industrial. **Nexus Revista de Extensão do IFAM**, v.2, n.2, p.61-69, 2016.
- GIESE, E. C.; XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Biomineração Urbana: O futuro da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. **Brasil Mineral**, v.385, p.36-39, 2018.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo. Atlas, 2010.
- GOMES, A. S. T.; SOUZA, L. A.; YAMANE, L. H.; SIMAN, R. R. Quantification of e-waste: a case study in Federal University of Espírito Santo, Brazil. World Academy of Science, Engineering and Technology, **International Journal of Environmental and Ecological Engineering**, v.11, n.2, 2017.
- GOUVEIA, N.; FERRON, M. M.; KUNO, R. Os impactos dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na saúde. p.113-128. In: CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade**. Ed.1, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- IKHLAYEL, M. Environmental impacts and benefits of state-of-the-art technologies for E-waste management. **Waste Management**, v.68, p.458–474, 2017.
- ITAUTEC. **Guia do usuário consciente de produtos eletrônicos**. 2º Edição. Fevereiro de 2011. Disponível em: < <http://www.itautech.com.br/pt-br/sustentabilidade>>.
- JUNIOR, F. R. L.; OIKO, O. T. Caracterização e proposta de destinação dos computadores que compõem os resíduos de equipamentos eletro-eletrônicos da Universidade Estadual de Maringá. In: XVIII Encontro Anual de Iniciação Científica – EAIC, 2009. Londrina. **Anais...** Londrina, 2009.

KAPPES, A. R.; SOMAVILLA, E. A.; RAMÍREZ, R. J. M. G.; CECONI, D. E. Estudo de caso da Gestão dos resíduos eletroeletrônicos na Universidade Federal de Santa Maria. 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2016. Bento Gonçalves. **Anais..** Bento Gonçalves, 2016.

KOHL, C. A.; GOMES, L. P. Physical and chemical characterization and recycling potential of desktop computer waste, without screen. **Journal of Cleaner Production**, v.184, p.1041-1051, 2018.

KUNRATH, J. L.; VEIT, H. M. Resíduos eletroeletrônicos: materiais reaproveitados dentro da cadeia de processamento. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.10, n.2, p.68-72, 2015.

LERTCHAIPRASERT, P.; WANNAPIROON, P. Study of e-waste management with Green ICT in Thai higher education institutions. **International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning**, v.3, n.3, p.239-243, 2013.

LINDE, K.; WILLICH, S. N. How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v.96, p.17-22, 2003.

LÖBLER, M. L.; SILVA, B. G.; POZZOBON, D. M.; GOMES, C. M. Strategic orientation towards sustainable innovation: a case study in a brazilian university. **Journal of Technology Management & Innovation**, v.7, p.196-206, 2012.

MACEDO, D. H.; PAGLIARINI, P. C.; FALSETTA, A. O lixo eletrônico na UNICAMP: estudo de caso sobre as oportunidades ainda não exploradas. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v.8, n.1, p.28-33, 2012.

MAGNAGO, P. F.; ECHEVESTE, M. Caracterização de um modelo mínimo para o PDS por meio de uma revisão sistemática de literatura. In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP, 2011. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

MINOTTO, J. B.; MAGALHÃES, R. F.; RODRIGUES, E. A. Gestão de Resíduos Sólidos na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Brasil. In: 9º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2018.

MORAES, V. T.; ESPINOSA, D. C. R.; LUCENA, L. L. Tecnologias de tratamento para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. p. 129-148. In: CARVALHO, T. C. M. B.;

XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**: uma abordagem prática para a sustentabilidade. Ed.1, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

NETO, G. C. O.; CORREIA, A. J. C.; SCHROEDER, A. M. Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in Brazil and Switzerland. **Resources, Conservation & Recycling**. v.127, p.42-55, 2017.

ODHIAMBO, B. D. Generation of e-waste in public universities: the need for sound environmental management of obsolete computers in Kenya. **Waste Management**, v. 29, p. 2787-2790, 2009.

PACHECO, R. M.; LAURENTI, A.; SANTOS, B. E. S.; MATTES, I.; MEIRELES, S. Diagnosis of Chemical and Special Waste Management in a Higher Education Institution: A Methodology for Data Acquisition and Processing. p. 205-217. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

PAES, C. E.; BERNARDO, M.; LIMA, R. S.; LEAL, F. Management of waste electrical and electronic equipment in brazilian public education Institutions: implementation through action research on a university campus. **Systemic Practice and Action Research**, v.30, p. 377–393, 2017.

PALADINI, E. **Gestão estratégica da qualidade**. Atlas, 2009.

PANIZZON, T.; REICHERT, G. A.; SCHNEIDER, V. E. Avaliação da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) em uma universidade particular. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.4, p.625-635, 2017.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2002/95/CE**. Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos. Jornal Oficial da União Europeia de 27 de Janeiro de 2003.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2002/96/CE**. Relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE). Jornal Oficial da União Europeia de 27 de Janeiro de 2003.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2011/65/EU**. Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos (reformulação). Jornal Oficial da União Europeia de 8 de Junho de 2011.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2012/19/EU**. Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Reformulação. Jornal Oficial da União Europeia. 2012.

PEREIRA, R. S. C.; RIBEIRO, F. M.; GÜNTHER, W. M. R. Indicadores para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: uma comparação inicial. In: 6° International Workshop Advances in Cleaner Production, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2017.

REIDLER, N. M. V. L. **Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos em instituições de ensino superior: estudo de caso e diretrizes para a gestão integrada**. 2012. 210 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2012.

RIBEIRO, E.; LOZANO, M. Análise da armazenagem de resíduos eletrônicos da Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. In: XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2015. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental. **Diretriz Técnica nº 03/2016**. Diretriz Técnica para o licenciamento ambiental de atividades envolvendo equipamentos eletroeletrônicos inservíveis. 06 de dezembro de 2016.

RODRIGUES, A. C.; GUNTHER, W. M. R.; BOSCOV, M. E. G. Estimativa da geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos de origem domiciliar: proposição de método e aplicação ao município de São Paulo, São Paulo, Brasil. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v.20, n.3, p. 437-447, 2015.

RODRIGUES, C. A.; LAURENTI, A.; SOUZA, L.; SANTOS, S. B. E. The Sustainable Management of Special Waste at UFSC - Work and Environment. p.793-810. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

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

ROSSINI, V.; NASPOLINI, S. H. D. F. Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. **Revista de Direito e Sustentabilidade**. v.3, n.1, p.51-71, 2017.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v.11, n.1, p.83-89, 2007.

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**, v.12, n.1, 2014.

SANTOS, M. K.; DANILEVICZ, A. M. F.; TUBINO, R. M. C. Environmental service providers assessment: A multi-criteria model applied to industrial waste. **Journal of Cleaner Production**, v.159. p.374-387, 2017.

SCHROEDER, A. M.; NETO, G. C. O.; PINTO, L. F. R.; BAPTISTA, E. A. Benefícios econômicos e ambientais da reciclagem e reuso de resíduos eletroeletrônicos: Estudo de caso em um centro de reciclagem especializado em São Paulo. In: XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2015, Resende. **Anais...** Resende, 2015.

SIGRIST, C. S. L.; FONSECA, L. F. B.; VEIGA, J. M.; PAIVA, J. M. F.; MORIS, V. A. S. Desenvolvimento de ponto de coleta de resíduos eletroeletrônicos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – UFSM**, Santa Maria, v.19, n.2, p. 1423-1438, 2015.

SILVA, A. C. L.; FERNANDES, F. K. A.; MOTA, R. O. Gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos: estudo de caso em uma empresa de assistência de celular. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2015.

SOUZA, F. H. N.; SOARES, I. A.; LUCAS, L. E. F. Gerenciamento dos resíduos sólidos de informática de uma instituição de ensino superior. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.6, n.1, p.361-377, 2017.

SOUZA, R. G.; CLÍMACO, J. C. N.; SANT'ANNA, A. P.; ROCHA, T. B.; VALLE, R. A. B.; QUELHAS, O. L. G. Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil. **Waste Management**, v.57, p.46-56, 2016.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. **Gestão & Produção**, v.13, n.3, p.503-515, 2006.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L.; FRANDOLOSO, M. A. L.; RODRIGUES, F. B. Proposição de um modelo de gestão ambiental: aplicação na Faculdade de Horizontina –

FAHOR. In: I Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis (ELAUS) – Universidades Sustentáveis, Possibilidades e Desafios. 2008, Horizontina. **Anais...** Horizontina, 2008.

XAVIER, J. L. N.; VEIT, H. M.; BERNARDES, A. M. Possibilidades de inclusão social na cadeia produtiva de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE). In: 8º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2017.

XAVIER, L. H.; BARRETO, C. A.; TRAJANO, K. A gestão de materiais pós-consumo em instituições públicas: estudo de caso dos resíduos tecnológicos na Universidade Federal de Pernambuco. In: 7º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos: Resíduos Sólidos e Mudanças Climáticas. 2016, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2016.

XAVIER, L. H.; CARVALHO T. C. M. B. Introdução à gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. p.1-18. In: CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**: uma abordagem prática para a sustentabilidade. Ed.1, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil. **Brasil Mineral**, v.379, p.22-26, 2018.

ZANTA, V. M.; OLIVEIRA, C. C. A.; QUEIROZ, L. M. Análise dos entraves à gestão sustentável de resíduos de tecnologia da informação na Universidade Federal da Bahia. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v.4, n.2, p.232-251, 2016.

ZENG, X.; YANG, C.; CHIANG, J. F.; LI, J. Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. **Science of the Total Environment**, v.575, p.1-5, 2017.

APÊNDICE A

Carta-convite para participação na pesquisa



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA

Porto Alegre, 07 de Janeiro de 2019.

Prezado Especialista,

A mestranda em Engenharia de Produção, Eveline Araujo Rodrigues, vinculada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia de Produção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, vem convidá-lo a participar de uma pesquisa sobre *Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEEs) em Instituições de Ensino Superior (IESs)*, desenvolvida sob minha orientação, Prof^ª. Dra. Ângela de Moura Ferreira Danilevicz.

O objetivo da investigação é o de propor uma estrutura teórica com etapas e atividades para compor um sistema de gerenciamento de REEEs para IESs. Sua contribuição é fundamental, como especialista nesta área, de uma das principais IESs da região metropolitana de Porto Alegre – RS.

Assim sendo, gostaríamos de agendar uma entrevista presencial de aproximadamente trinta minutos, para conhecer sua opinião. As respostas obtidas serão manuseadas apenas pela pesquisadora e sua orientadora. Os resultados serão divulgados por meio da dissertação e de periódicos científicos, sendo que a identidade dos participantes será preservada e o sigilo às respostas garantido.

Caso necessárias informações adicionais, ficamos à disposição e, antecipadamente, agradecemos a sua colaboração.

Prof. Dr. Ângela de Moura Ferreira Danilevicz
Orientadora
PMPEP/UFRGS

APÊNDICE B

Roteiro de entrevistas utilizado com os especialistas

ROTEIRO DE ENTREVISTA – ESPECIALISTAS

1. Identificação do entrevistado

Nome:

Instituição:

Profissão:

Área de atuação:

Tempo de experiência:

2. Questionário

Questão 1: A sua IES possui um modelo de gerenciamento de REEEs? Qual sua opinião sobre ele? Quais oportunidades de melhoria o(a) senhor (a) considera relevante realizar?

Questão 2: Diante da problemática relacionada aos REEEs, o(a) senhor(a) concorda que um modelo composto por um conjunto de etapas desde a aquisição dos equipamentos até a destinação final dos resíduos pode servir como base para a implantação ou adequação do processo de gerenciamento de REEEs na sua IES? Por quê?

Questão 3: Qual sua opinião sobre o modelo apresentado?

Questão 4: Na sua opinião, é necessário inserir **etapas** no sistema? Quais? Por quê?

Questão 5: Na sua opinião, é necessário eliminar **etapas** do sistema? Quais? Por quê?

Questão 6: Na sua opinião, é necessário inserir outras **atividades**? Quais? Por quê?

Questão 7: Na sua opinião, é necessário eliminar **atividades**? Quais? Por quê?

Questão 8: Na sua opinião, é possível (viável) aplicar o modelo em uma IES? Por quê?

Questão 9: Na sua opinião, quais são as principais dificuldades/barreiras relacionadas à implantação do modelo proposto, em geral? E na sua IES?

Questão 10: Em sua opinião, quais requisitos (equipe, espaço, recurso, etc.) são considerados fundamentais para o êxito de um modelo de gerenciamento de REEEs, em geral? E na sua IES?

Questão 11: Quais impactos positivos (ambiental, social e econômico) poderiam ser gerados com a implantação desse modelo de gerenciamento de REEEs na sua IESs?

Questão 12: Fique à vontade para fazer comentários adicionais ao modelo proposto.

APÊNDICE C

Roteiro de entrevistas utilizado com os *stakeholders* internos

ROTEIRO DE ENTREVISTA – *STAKEHOLDERS*

1. Identificação do *stakeholder* interno

1.1 Profissão:

1.2 Cargo:

1.2 Área de atuação (setor/departamento):

1.3 Tempo de experiência:

Questionário 1

1. Como é realizada a **aquisição** de equipamentos eletroeletrônicos (TI e comunicação) na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **aquisição sustentável** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 2

1. Como é realizada a **aquisição via recurso de projeto** de equipamentos eletroeletrônicos (TI e comunicação) na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **aquisição sustentável** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 3

1. Como é realizada a **manutenção (preventiva e corretiva)** de equipamentos eletroeletrônicos (TI e comunicação) na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **manutenção (preventiva e corretiva)** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 4

1. Como é realizada a **solicitação de coleta** de equipamentos eletroeletrônicos (TI e comunicação) na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **solicitação de coleta** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 5

1. Como é realizada a **logística interna** de REEEs na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **logística interna** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 6

1. Como é realizado o **armazenamento** de REEEs na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **armazenamento** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 7

1. Como é realizado o **recondicionamento** de REEEs na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de recondicionamento do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 8

1. Como é realizada a **reutilização (interna e externa)** de REEEs na UFRGS?
2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?

3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **reutilização (interna e externa)** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 9

1. Como é realizada a **destinação final** de REEEs na UFRGS?
2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **destinação final** do modelo proposto.
4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.