

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE PROCESSO PARA
DESENVOLVIMENTO DE UM CENTRO DE
DESCARTE E REUSO DE LIXO ELETRÔNICO NA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**

EDVALDO CAPINGOTE SERAFIM DA SILVA

Catalão – GO

2020

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o(a) autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação [] Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do(a) autor(a):

Arnaldo Copinogte S. do Silva

Título do trabalho:

Proposta de processo para desenvolvimento de um centro de pesquisa e curso de livre eletrônica na Universidade Federal de Goiás

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM [] NÃO¹

Independente da concordância com a disponibilização eletrônica, é imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Arnaldo Copinogte S. do Silva
Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:

[Assinatura]
Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 31/03/20

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² As assinaturas devem ser originais sendo assinadas no próprio documento. Imagens coladas não serão aceitas.

PROPOSTA DE PROCESSO PARA DESENVOLVIMENTO DE UM CENTRO DE DESCARTE E REUSO DE LIXO ELETRÔNICO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

EDVALDO CAPINGOTE SERAFIM DA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Goiás (UFG-RC/UFCAT em transição), como parte dos requisitos para obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**.

Área de Concentração: Engenharia de Operações e Processos Industriais.

Orientador: Prof. Dr^a. Stella Jacyszyn Bachega

Coorientador: Prof. Dr. Dalton Matsuo Tavares

Catalão – GO

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Capingote Serafim da Silva, Edvaldo
PROPOSTA DE PROCESSO PARA DESENVOLVIMENTO
DE UM CENTRO DE DESCARTE E REUSO DE LIXO
ELETRÔNICO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
[manuscrito] / Edvaldo Capingote Serafim da Silva. - 2020.
1 f.

Orientador: Prof. Dr^a . Stella Jacyszyn Bachega; co-orientador Prof.
Dr. Dalton Matsuo Tavares.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade
Acadêmica Especial de Engenharia e Administração, Catalão,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Catalão,
2020.

1. . I. Jacyszyn Bachega, Stella , orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE ENGENHARIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 15 da sessão de Defesa de Dissertação de **EDVALDO CAPINGOTE SERAFIM DA SILVA**, que confere o título de Mestre em **Engenharia de Produção**, na área de concentração em **Engenharia de Operações e Processos Industriais**.

Ao/s dez dias do mês de março do ano de dois mil e vinte, a partir da(s) 14 horas, na sala de aula do PPGEP da Unidade Acadêmica Especial de Engenharia, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**PROPOSTA DE PROCESSO PARA DESENVOLVIMENTO DE UM CENTRO DE DESCARTE E REUSO DE LIXO ELETRÔNICO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**”.

Os trabalhos foram instalados pela Orientadora, Professora Doutora **STELLA JACYSZYN BACHEGA (PPGEP)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor **NILSON JOSÉ FERNANDES (PPGEP)**, membro titular interno; Professor Doutor **HEBER MARTINS DE PAULA (PPGEC/UFG/RC)**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título da dissertação. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pela Professora Doutora **STELLA JACYSZYN BACHEGA**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos dez dias do mês de março de dois mil e vinte.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Stella Jacyszyn Bachega, Professor do Magistério Superior**, em 10/03/2020, às 16:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nilson José Fernandes, Professor do Magistério Superior**, em 10/03/2020, às 16:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Heber Martins De Paula, Professor do Magistério Superior**, em 10/03/2020, às 16:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1188794** e o código CRC **3C3731FB**.

Referência: Processo nº 23070.009815/2020-88

SEI nº 1188794

*Dedico esse
trabalho a Deus,
minha família, amigos,
a todos pacientes com
câncer e em especial,
em memória de
pacientes que conheci
no Hospital que hoje
estão impressionando
os anjos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por me dar saúde, força, paciência e determinação para concluir os meus objetivos. Também aos seres de luz que me acompanham com sabedoria, desde o momento que eu já era sonhado pelo Criador.

Aos meus pais, Rosely Capingote Silva e Edvaldo Serafim da Silva por sempre estarem comigo durante todos os meus desafios na vida e por terem me incentivado desde criança ao estudo, sempre acreditando nas minhas capacidades intelectuais e me ajudando a romper com algumas dificuldades.

Aos meus avós maternos, Demercides Cardoso Capingote (*in memoriam*) e Sebastião Capingote (*in memoriam*) e avó paterna, Luzia Serafim (*in memoriam*) por terem combatido o bom combate em tempos remotos em Catalão, com muito esforço e determinação.

As minhas irmãs, Nayara Capingote Serafim da Silva Arruda e Lays Capingote Serafim da Silva, que estão sempre comigo me auxiliando e me guiando para o melhor.

Às minhas sobrinhas, Maria Cecília Capingote Arruda e Maria Carolina Capingote Arruda, os dois presentes recebidos de Deus, que me orgulham e me alegam.

À minha orientadora, Dr^a. Stella Jacyszyn Bachega e ao coorientador professor Dr. Dalton Matsuo Tavares, pela condução desta pesquisa e por todos momentos de aprendizado, sempre com muita responsabilidade, paciência, profissionalismo e amplo conhecimento sobre as temáticas desenvolvidas. Todas orientações possibilitaram o desenvolvimento e melhoria do trabalho, ao mesmo tempo o meu crescimento profissional.

Aos membros da banca, Dr. Heber Martins de Paula e Dr. Nilson José Fernandes, pela dedicação, atenção, sugestões de melhoria apontadas para o trabalho e pela disponibilidade para tirar dúvidas em atendimentos. Todas as sugestões propostas engrandeceram o trabalho e foram indispensáveis para que o estudo fosse concluído com êxito.

A Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho, fundadora e coordenadora do CEDIR-USP, pelo pioneirismo do projeto no Brasil, comprometimento com a socialização do conhecimento e autorização da coleta de dados. A André Rangel Souza, funcionário do CEDIR, pela proatividade, eficiência, sugestão de bibliografias e pela precisão do fornecimento das informações solicitadas para a pesquisa.

A Vinícius Veroneze dos Reis Costa, funcionário do DPAME e Paulo Henrique Silva Azevedo, do CERCOMP, pela disponibilidade e por ceder informações imprescindíveis para a pesquisa.

A Jakson Trindade de Fonte, vencedor do Concurso "Simula Brasil 2015", na categoria de originalidade, pela amizade e empatia. Também por ter me emprestado humildemente uma apostila de simulação e por toda disponibilidade para tirar dúvidas remanescentes em todos

momentos que precisei.

A Dionathan Oliveira Santos, pela amizade e por ter solicitado autorização e ajudado na coleta de dados na empresa de informática local.

Ao professor Dr. José Waldo Martínez Espinosa, pela humildade, proatividade, empatia e por me incentivar desde a graduação ao estudo. Em especial, por ter ido voluntariamente na Universidade Federal de Goiás (fechada para dedetização) em um sábado e em meio a greve nacional dos caminhoneiros, para assinar apenas um documento, para que eu enviasse a instituição de fomento. Agradeço imensamente pela amizade e nunca irei me esquecer as vezes que o senhor me ajudou.

Ao professor Dr. Thiago Alves de Queiroz, agradeço a oportunidade de ter assistido suas excelentes aulas de Pesquisa Operacional, durante disciplina de mestrado. Ao professor Dr. Carlos Antônio Ribeiro Duarte, por todo ensinamento que transcende aulas teóricas de cálculo. Acredito que pude crescer profissionalmente pela convivência e informações ministradas.

Aos meus médicos Dr^a. Aline Fernanda Ramos, Dr^a. Isabela Assis de Siqueira, Dr. Gilberto Freitas Colli, Dr^a. Iara Zapparoli Gonçalves e Dr. Nelson Siqueira de Castro; e enfermeiras Rita de Fátima Pereira Fracarolli, Marimeli Bau, Luciana Ribeiro Pereira Dantis e Sandra Aparecida Jorge do Hospital de Amor, que cuidam da minha saúde desde 2017, com muita empatia, respeito e eficiência. Graças a Deus e ao trabalho da medicina, só tenho que agradecer infinitamente por todas bênçãos recebidas e por toda sabedoria desenvolvida durante esse processo. Deus é bom todo tempo. O resto, é história para contar.

A Bruno Cezar Guerreiro Ferreira, funcionário da secretaria do PPGEP, por fornecer informações com eficiência e rapidez sempre que solicitadas.

A todos os professores e demais envolvidos, agradeço a dedicação e empenho em manter o programa de mestrado acadêmico em Engenharia de Produção da Universidade.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão de bolsa de mestrado acadêmico.

A todos vocês, devo-lhes eternos agradecimentos!

“Vou satisfazer o teu desejo. Eu te dou um coração sábio e inteligente como nunca houve outro igual antes de ti e nem haverá depois de ti. Dou-te, além disso, o que não me pediste: riquezas e glória, de tal modo que não haverá quem te seja semelhante entre os reis durante toda a tua vida”.

SILVA, E.C.S. **Proposta de processo para desenvolvimento de um Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico na Universidade Federal de Goiás.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, regional Catalão, GO. 2020.

RESUMO

Na tentativa de promover a conscientização da destinação do lixo eletrônico em universidades, se faz necessário adotar práticas sustentáveis que possam alcançar benefícios sociais, econômicos e ambientais. Tem-se que atividades como reciclagem ou mesmo reutilização de resíduos eletrônicos (ações do *Green IT*) considerados defasados ou inservíveis nas IEs, podem ser uma iniciativa importante para reduzir a necessidade de matéria prima e, desta forma, contribuir positivamente na redução da poluição no planeta. Dessa abordagem, define-se o problema de pesquisa: como implantar um Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico em uma universidade? Para orientar a execução do estudo, a hipótese formulada para o problema de pesquisa é: um Centro de descarte e reuso assegura que os resíduos eletrônicos não fiquem dispersos nos departamentos das universidades. Assim, o objetivo geral visa propor um Centro para descarte e reuso de lixo eletrônico em uma universidade. Já os objetivos específicos contribuem: na análise da legislação (ambiental e patrimonial) voltada ao descarte de lixo eletrônico, em instituições públicas; identificação formas/modelos de desenvolvimento de Centros de descarte e reuso de lixo eletrônico; e, desenvolvimento de um cenário de Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico em uma universidade via simulação. Para isso, a revisão da literatura foi realizada com auxílio do software *CiteSpace*[®], utilizando as bases *Web of Science* e *Scopus*. A técnica de amostragem foi utilizada para encontrar o número de cronometragens de desmontagens de equipamentos informática, com a finalidade de compor alguns parâmetros necessários na simulação. Destaca-se também que roteiros semiestruturados foram aplicados em áreas de interesse, como CEDIR-USP e órgãos da UFG, como CERCOMP e DPAME. Conclui-se que a execução do projeto estimula o desenvolvimento sustentável, bem como a remanufatura, reciclagem ou reutilização local; o aumento das taxas de coleta do resíduo e o pioneirismo do desfazimento de material em uma Instituição de ensino superior no estado de Goiás.

Palavras-chave: Lixo eletrônico, Centro de descarte e reuso, Universidade e Sustentabilidade.

SILVA, E.C.S. **Proposta de processo para desenvolvimento de um Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico na Universidade Federal de Goiás.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, regional Catalão, GO. 2020.

ABSTRACT

In an attempt to promote awareness of the destination of electronic waste in universities, it is necessary to adopt sustainable practices that can achieve social, economic and environmental benefits. It has to be said that activities such as recycling or even reusing electronic waste (Green IT actions) considered outdated or useless in IEs, can be an important initiative to reduce the need for raw materials and, thus, contribute positively to reducing pollution in the planet. From this approach, the research problem is defined: how to implement an electronic waste disposal and reuse center in a university? To guide the execution of the study, the hypothesis formulated for the research problem is: a disposal and reuse center ensures that electronic waste is not dispersed in university departments. Thus, the general objective is to propose a center for the disposal and reuse of electronic waste at a university. The specific objectives contribute: in the analysis of legislation (environmental and patrimonial) aimed at the disposal of electronic waste, in public institutions; identification of forms / models for the development of electronic waste disposal and reuse centers; and, development of a scenario for the disposal and reuse of electronic waste in a university via simulation. For this, the literature review was performed with the aid of the CiteSpace[®] software, using the Web of Science and Scopus databases. The sampling technique was used to find the number of disassembly timings for computer equipment, in order to compose some parameters needed in the simulation. It is also noteworthy that semi-structured scripts were applied in areas of interest, such as CEDIR-USP and UFG bodies, such as CERCOMP and DPAME. It is concluded that the execution of the project stimulates sustainable development, as well as local remanufacturing, recycling or reuse; the increase in the rates of waste collection and the pioneering nature of the disposal of material in a higher education institution in the state of Goiás.

Keywords: Electronic waste, Disposal and Reuse Center, University and Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de Mapeamento usando o software CiteSpace®	20
Figura 2 – Mapeamento de artigos por “Universidade Sustentável” (WoS)	22
Figura 3 – Mapeamento de artigos por “Green IT” (WoS) Fonte: CiteSpace®	29
Figura 4 – Estratégias em sustentabilidade	31
Figura 5 – Mapeamento de artigos por lixo eletrônico (WoS) Fonte: CiteSpace®	34
Figura 6 – Benefícios da implantação de um Centro de reuso e descarte	38
Figura 7 – Etapas realizadas para execução da pesquisa	50
Figura 8 – Tempo médio de estocagem de sucata no campus	52
Figura 9 – Inservíveis de informática e afins gerados na Universidade	53
Figura 10 – Centro de descarte e reuso da Universidade Federal de Goiás	59
Figura 11 – Vista superior do Centro de descarte e reuso	60
Figura 12 – Modelo conceitual desenvolvido em IDEF-SIM	61
Figura A-1 – Países líderes em citações em “Universidade Sustentável” (WoS)	81
Figura A-2 – Linha do tempo em “Universidade Sustentável” (WoS)	82
Figura A-3 – Mapeamento de artigos por “Universidade Sustentável” (Scopus)	82
Figura A-4 – Países líderes em citações em “Universidade Sustentável” (Scopus)	84
Figura A-5 – Linha do tempo em “Universidade Sustentável” (Scopus)	85
Figura B-1 – Países líderes em citações em “Green IT” (WoS)	88
Figura B-2 – Linha do tempo em “Green IT” (WoS)	88
Figura B-3 – Mapeamento de artigos por “Green IT” (Scopus)	89
Figura B-4 – Países líderes em citações em “Green IT” (Scopus)	92
Figura B-5 – Linha do tempo em “Green IT” (Scopus)	92
Figura C-1 – Países líderes em citações em lixo eletrônico (WoS)	96
Figura C-2 – Linha do tempo em lixo eletrônico (WoS)	97
Figura C-3 – Mapeamento de artigos por lixo eletrônico (Scopus)	97
Figura C-4 – Países líderes em citações em lixo eletrônico (Scopus)	100
Figura C-5 – Linha do tempo em lixo eletrônico (Scopus)	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempos aproximados da vida útil de recursos tecnológicos	51
Tabela 2 – Comparação mensal e anual da geração inservíveis na Universidade	53
Tabela 3 – Sucatas geradas por Depart. “Regional Catalão” (2017-2019)	55
Tabela 4 – Legenda do diagrama IDEF - SIM	61
Tabela 5 – Obtenção do tempo médio de desmonte, por Penado e Graeml (2007)	62
Tabela 6 – Porcentagem de destinação da sucata no Centro	63
Tabela 7 – Quantidade de itens de informática recuperados no Centro	64
Tabela 8 – Locais mais utilizados do Centro	65
Tabela 9 – Quantidade de itens de informática recuperados no Centro	65
Tabela 10 – Locais mais utilizados do Centro	66
Tabela 11 – Itens de informática recuperados no Centro	67
Tabela 12 – Locais mais utilizados do Centro	67
Tabela 13 – Itens de informática recuperados no Centro	68
Tabela 14 – Locais mais utilizados do Centro	68
Tabela A-1 – Referências com explosão de citações (WoS)	79
Tabela A-2 – Centralidade e Sigma para cluster #0, #3 e #7 (WoS)	80
Tabela A-3 – Centralidade e Sigma para cluster #1 e #3 (Scopus)	83
Tabela B-1 – Referências com explosão de citações (WoS)	86
Tabela B-2 – Centralidade e Sigma para cluster #1 e #5 (WoS)	87
Tabela B-3 – Referências com explosão de citações (Scopus)	90
Tabela B-4 – Centralidade e Sigma para clusters analisados (Scopus)	91
Tabela C-1 – Referências com explosão de citações (WoS)	94
Tabela C-2 – Centralidade e Sigma para os clusters #1 e #5 (WoS)	95
Tabela C-3 – Referências com explosão de citações (Scopus)	98
Tabela C-4 – Centralidade e Sigma para os clusters #0, #1 e #3 (Scopus)	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Barreiras encontradas na implantação da sustentabilidade em universidades ..	27
Quadro 2 – Ações em Green IT	32
Quadro 3 – Legenda IDEF- SIM	49
Quadro 4 – Sucata de informática gerada por departamentos da Universidade.....	54
Quadro 5 – Ganhos obtidos no nível ambiental	57
Quadro 6 – Ganhos obtidos no nível social.....	57
Quadro 7 – Ganhos obtidos no nível econômico.....	58
Quadro 8 – Ganhos obtidos no nível cultural	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEDIR-USP – Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática da Universidade de São Paulo;

CERCOMP – Centro de Recursos Computacionais;

CRC – Centro de condicionamento de computadores;

DFE – Design for *Environment*;

DMP – Departamento de Material e Patrimônio;

DPAME – Divisão de Patrimônio, Almoxarifado e Manutenção de Equipamentos;

IES– Instituições de Ensino Superior;

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações;

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas;

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	16
INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO 2	19
REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Universidades sustentáveis	21
2.1.1 <i>Contexto de Universidades Sustentáveis</i>	22
2.1.2 <i>Participação Pública e Responsabilidade Social</i>	24
2.1.3 <i>Pesquisa e Ensino em Sustentabilidade</i>	25
2.1.4 <i>Barreiras para a implantação da sustentabilidade nas universidades</i>	26
2.2 Green IT	28
2.2.1 <i>Contexto de Green IT</i>	29
2.2.2 <i>Estratégias para sustentabilidade</i>	30
2.2.3 <i>Ações em Green IT</i>	32
2.3 Lixo eletrônico	33
2.3.1 <i>Breve panorama sobre o lixo eletrônico</i>	34
2.3.2 <i>Centro de descarte</i>	36
2.4 Legislação ambiental	40
2.4.1 <i>Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Nº 6.938/1981)</i>	41
2.4.2 <i>Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Nº 12.305/2010)</i>	41
2.4.3 <i>Descarte de material no âmbito da Administração Pública</i>	43
2.5 Simulação	44
2.5.1 <i>Definições</i>	44
2.5.2 <i>Terminologia em Simulação de eventos discretos</i>	45
CAPÍTULO 3	46
METODOLOGIA	46
3.1 Coleta de dados	47
3.2 Simulação	47
CAPÍTULO 4	51
PROPOSTA E RESULTADOS ALCANÇADOS	51
4.1 Mapeamento de lixo eletrônico na Universidade Federal de Goiás	51
4.2 Geração de lixo eletrônico no município de Catalão - GO	56
4.3 Contribuições do projeto	57
4.4 Cenário hipotético	58
4.5 Considerações sobre o modelo de simulação desenvolvido	60
CAPÍTULO 5	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS	70

5.1 Avaliação dos objetivos e principais resultados encontrados.....	70
5.2 Avaliação da hipótese e recomendação de trabalhos futuros	71
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE A – ANÁLISE DE COCITAÇÕES (UNIVERSIDADES SUSTENTÁVEIS)	79
APÊNDICE B – ANÁLISE DE COCITAÇÕES (<i>GREEN IT</i>).....	86
APÊNDICE C – ANÁLISE DE COCITAÇÕES (LIXO ELETRÔNICO)	94
APÊNDICE D – ROTEIRO DA ENTREVISTA	102
APÊNDICE E – ROTEIRO DA ENTREVISTA	106
APÊNDICE F – ROTEIRO DA ENTREVISTA.....	108
APÊNDICE G – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	109

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade tem ganhado importância em vários setores da economia mundial (LOZANO, 2006; HANCOCK; NUTTMAN, 2014). Para Dlouhá e Pospíšilová (2018), o desenvolvimento econômico deve ser conciliado com a preservação do meio ambiente, envolvendo a consciência, compromisso e responsabilidade de cada indivíduo. Os problemas climáticos causados pela produção industrial e consumo tem pressionado governos e indústrias a reduzirem suas emissões de gás de efeito estufa e demais impactos ambientais. Tais medidas estão associadas a proposta de desenvolver processos e produtos mais sustentáveis (DAGILIŪTĖ; LIOBIKIENĖ; MINELGAITĖ, 2018).

Nesse sentido Lozano (2006), Velazquez et al. (2006) e Alshuwaikhat e Abubakar (2008) destacam que as universidades são consideradas importantes agentes de transformação que, além de transmitir conhecimento profissional, podem desenvolver atitudes e a personalidade de seus alunos e colaboradores. Para Azzali e Sabour (2018), as Instituições de Ensino Superior (IES) podem criar metodologias e práticas que estimulem o bem-estar coletivo como, por exemplo, no envolvimento ativo em assuntos relacionados à sustentabilidade na comunidade e, principalmente, no desenvolvimento sustentável de suas próprias atividades.

De acordo com Velazquez et al. (2006) as universidades são comunidades complexas e integram pessoas com diferentes estilos de vida. Para Alshuwaikhat e Abubakar (2008), as IES podem ser consideradas pequenas cidades que afetam o meio ambiente, seja pelo consumo de energia, perda de espaços verdes, uso de produtos químicos e produção de resíduos perigosos. Dessa forma, Sedlacek (2013) defende que, apesar das universidades contribuírem com a degradação do meio ambiente, essas instituições podem ser influentes atores para alcance da sustentabilidade em nível regional, facilitando a articulação com o governo, empresas e sociedade.

Para atingir as estratégias ambientais nas universidades propostas por Alshuwaikhat e Abubakar (2008), Brusca, Labrador e Larrán (2018) acrescentam que ferramentas de avaliação, identificação e monitoramento da sustentabilidade podem ser utilizadas, como a certificação ISO 14001, auditorias internas e relatórios integrados. Nesse contexto, Baker-Shelley, Zeijl-Rozema e Martens (2017) apontam que as principais questões ambientais tratadas em processos internos nas universidades consistem na gestão de resíduos sólidos e líquidos, uso dos recursos naturais, projeto dos prédios incluindo a iluminação, temperatura natural e vegetação.

No Brasil, as práticas sustentáveis no âmbito das universidades são poucas e isoladas (TAUCHEN; BRANDLI, 2006). No entanto, é possível observar a preocupação ambiental e interesse de algumas IES brasileiras, tendo ações já implantadas. Na Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS) houve a implantação pioneira de um Sistema de Gerenciamento Ambiental, certificado pela NBR ISO 14001:2015; na Universidade Federal de Santa Catarina, a coleta e o descarte adequado de resíduos químicos é realizado por uma empresa terceirizada; e, por último, a implantação do Centro de Descarte e Reuso de Lixo Eletrônico (CEDIR) na Universidade de São Paulo (USP) (CARVALHO; XAVIER, 2014; TAUCHEN; BRANDLI, 2006).

No que diz respeito a gestão de resíduos eletroeletrônicos, Carvalho e Xavier (2014) defendem a implantação de projetos como o CEDIR dentro das universidades, pois essas instituições são grandes geradoras de resíduos. Porém, as autoras destacam que poucas IES brasileiras desenvolvem práticas sustentáveis voltadas a conscientização, reuso e descarte desse tipo de lixo.

Para Agamuthu, Kasapo e Nordin (2015), o gerenciamento do lixo eletrônico é responsabilidade e dever de todos: governo, sociedade, empresas e instituições de ensino superior. Davis e Wolski (2009) acrescentam que quando o lixo eletrônico é descartado em local inadequado, as substâncias químicas existentes nos componentes eletrônicos, como o mercúrio, cádmio, arsênio, cobre, chumbo, alumínio, entre outras, entram em contato com o solo e atingem os lençóis freáticos, contaminando plantas, animais e demais seres vivos.

Frente a esse contexto, a abordagem sobre reuso e descarte correto de lixo eletrônico faz-se necessária, pois este pode interferir na saúde da população e na degradação do meio ambiente. Assim, surge a questão de pesquisa que se pretende investigar: como implantar um Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico em uma universidade?

De modo a se encontrar uma resposta para esse questionamento, tem-se uma hipótese a ser corroborada ou falseada. De acordo com Severino (2017), as hipóteses são respostas possíveis e provisórias de um fenômeno, mas que ainda não foram confirmadas por observação e experimentação. Dessa forma, a hipótese formulada para o problema de pesquisa em questão é: “Um Centro de descarte e reuso assegura que os resíduos eletrônicos

não fiquem dispersos nos departamentos das universidades”.

O tema e a relevância desse projeto são justificados pelos estudos de Alshuwaikhat e Abubakar (2008), os quais sugerem a adoção de três estratégias para o alcance de universidades sustentáveis: implementação de um sistema de gerenciamento ambiental (SGA), participação pública e responsabilidade social, ensino e pesquisa em sustentabilidade.

Além disso, a proposta faz parte do projeto guarda-chuva – Proposta de Abordagem Integrada para Alcance de Universidades Sustentáveis: Incorporação de Conceitos e Atividades de *Green IT*. De modo a efetivar essas ações sustentáveis nas universidades, Bandi, Bose e Saxena (2015), Hardin-Ramanan, Chang e Issa (2018), Molla (2008), Murugesan e Gangadharan (2012), Zhang et al. (2016) propõem o uso do conceito de *Green IT*, também conhecido como tecnologia verde. Para Murugesan e Gangadharan (2012), o *Green IT* consiste em um conjunto de práticas verdes associadas ao estudo e prática de projeto, produção e descarte, com o menor custo possível e com menor impacto ambiental.

Dessa forma, os resultados a serem alcançados por esta pesquisa permeiam perspectivas de desenvolvimento científico e de inovação de processo no Estado de Goiás, além de apresentar colaborações relativas aos aspectos socioeconômico e ambiental. Assim, demais universidades e empresas podem se beneficiar da abordagem proposta neste estudo, mediante algumas adaptações para suas respectivas realidades.

Portanto, o objetivo geral visa propor um Centro para descarte e reuso de lixo eletrônico em uma universidade. Os objetivos específicos são:

- Verificar a legislação (ambiental e patrimonial) voltada ao descarte de lixo eletrônico, em instituições públicas;
- Identificar formas/modelos de desenvolvimento de Centros de descarte e reuso de lixo eletrônico;
- Desenvolver um cenário de Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico em uma universidade via simulação.

Dada a relevância desta pesquisa e visando alcançar os objetivos mencionados, o estudo foi estruturado da seguinte forma:

- no Capítulo 2 é apresentado o referencial teórico, como universidades sustentáveis, *Green IT*, lixo eletrônico, Centros de descarte e legislação ambiental;
- no Capítulo 3 discute-se a metodologia utilizada;
- no Capítulo 4 foi mostrado a proposta e resultados alcançados com a pesquisa;
- por fim, o Capítulo 5 apresentou-se as conclusões obtidas pelo estudo.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma revisão teórica de temas associados aos objetivos do estudo, obtidos pelo mapeamento da literatura. No que se refere, a universidades sustentáveis, são discutidos conceitos, práticas e barreiras encontradas para implantar ações sustentáveis em um campus universitário (seção 2.1). Na seção 2.2 são apresentadas estratégias de *Green IT*, ações e desafios para alcance da sustentabilidade. Na seção 2.3 é traçado um breve panorama sobre o setor de lixo eletrônico, apontando definições, números de descarte e formas de recuperação. Na seção 2.4, é apresentado a legislação aplicável em instituições públicas. Por fim, na seção 2.5 contextualiza-se a simulação computacional.

Salienta-se que a revisão da literatura foi realizada com auxílio do *software CiteSpace*[®]. Esse programa consiste em um método de análise bibliométrica desenvolvido por Chen (2006). Chen, Ibekwe-SanJuan e Hou (2010) defendem que este método possibilita caracterizar, interpretar e visualizar padrões em qualquer campo científico, sob várias perspectivas.

Para isso, Chen (2016) define quatro etapas de execução, a saber:

1. **Escolha da base científica:** é necessário criar um banco de dados através de alguma base de publicações científicas compatível com o *software*. Dentre as opções disponíveis, foi escolhido as bases *Web of Science* e *Scopus* devido ao seu reconhecimento internacional. Também se objetivou com a utilização das duas bases identificar um número maior de publicações relevantes para o Capítulo 2, nas seções 2.1 (Universidades Sustentáveis), 2.2 (*Green IT*) e 2.3 (Lixo eletrônico).
2. **Escolha de palavras-chave:** com base na leitura de artigos científicos relevantes sobre Universidade sustentável, *Green IT* e *E-waste* identificaram-se as três principais palavras-chave de cada temática. Para Universidade sustentável foram identificadas as palavras-chave “*Sustainable University*”, “*Green Campus*” e “*Green University*”. Para o tema *Green IT*, as palavras-chave “*Green IT*”, “*Green computing*” e “*Green*

information technology” foram selecionadas e, para lixo eletrônico, “*E-waste*”, “*WEEE*” e “*Eletronic Waste*”.

3. **Busca e exportação dos registros para o computador:** nesta etapa foi realizada uma busca pelas palavras-chave identificadas na etapa 2 nas bases *Web of Science* (WoS) e *Scopus*. Para isso, focou-se na busca por “tópico” durante o período 2009 a 2019, filtrando por apenas artigos ou *conference paper*. Assim, o registro dessas publicações foi ordenado na base pela ordem decrescente do número de citações. Para pesquisas na base WoS foi realizado uma busca com expansão de citações (exceto para a seção 2.2, sobre *Green IT*) com a finalidade de se obter uma cobertura maior sobre as publicações. Percebeu-se que utilizar expansão para a seção 2.2 de *Green IT*, usando dados da *Web of Science*, que o conteúdo destes desviava bastante dos objetivos do estudo. Já na base *Scopus*, todas as análises foram realizadas sem expansão em virtude da limitação da base em exportar apenas 2000 registros. Por fim, os registros foram exportados no formato .txt (no caso do WoS) e .ris (na base *Scopus*).
4. **Criação do banco de dados e análise no software CiteSpace®:** para realizar a análise dos registros exportados, foi necessário nomeá-los no formato “*download_n*”, sendo *n* o número do registro obtido. Cabe ressaltar que para cada palavra-chave foi criado um banco de dados menor separado, onde eles foram agrupados conforme assunto para uma análise mais ampla sobre o tema.

As etapas apresentadas podem ser resumidas na Figura 1.

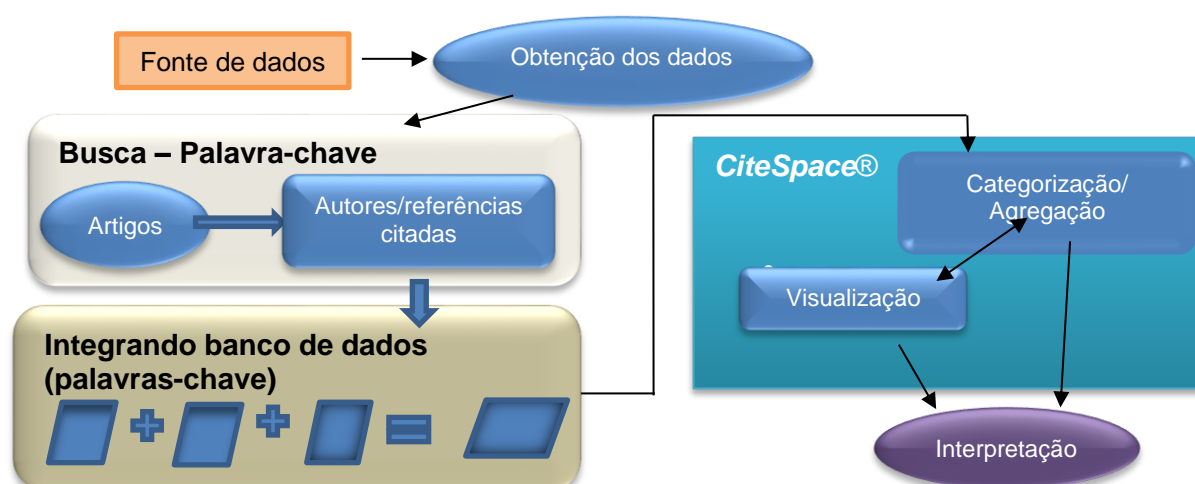


Figura 1 – Processo de Mapeamento usando o software CiteSpace®
Fonte: Adaptado de Chen (2016)

Na etapa de Categorização/Agregação, o *CiteSpace®* extrai frases nominais dos títulos e agrupa estudos que possuem semelhança. Esses agrupamentos são chamados de *cluster*

e são ordenados de forma decrescente de tamanho (começando pelo maior, *cluster #0*). Diferentemente dos dados obtidos pela base *Web of Science*, os dados obtidos pelo *Scopus* necessitam de conversão para serem utilizados no *CiteSpace*[®] (CHEN, 2016).

Durante o processo de conversão dos arquivos *scopus.ris* em *.txt* para serem usados no *software* bibliométrico, cerca de 2% das referências foram perdidas. Isso implicou em precisão satisfatória de 98% nos resultados encontrados. Segundo Chen (2016), o *CiteSpace*[®] considera que a taxa de conversão pode variar entre 1% a 5% para ser adequada.

Na etapa de interpretação, os relatórios gerados e as métricas disponíveis no *software CiteSpace*[®] como modularidade, silhueta, detecção de explosão, centralidade, sigma e linha do tempo foram analisadas. Dessa forma, tem-se que a modularidade Q deve ter valores entre 0 e 1, onde Q menor que 0,3 indica boa conexão entre os *clusters* e próximo de 1 indica que os *clusters* possuem baixa conexão. No que diz respeito a silhueta, esta deve estar compreendida entre -1 e 1. Isto é, quanto maior a pontuação, mais consistentes (homogêneos) são os membros que compõem o *cluster* (CHEN, 2016).

A detecção de explosão é um indicador que está associado a área de pesquisa mais ativa. Nessa métrica, é possível identificar publicações científicas significativas e em quais períodos de tempo ocorreram. Observa-se que a informação de referências é dada por um formato padrão do *CiteSpace*[®], correspondendo ao nome do primeiro autor, seguido do ano, fonte de publicação, volume e primeira página do artigo (CHEN, 2016).

A centralidade diz respeito ao grau de relevância dos artigos em cada *cluster*, sendo os que possuem valores iguais ou maiores que 0,01 são considerados estudos chave. Já o valor de sigma corresponde a combinação entre a métrica de detecção de explosão e centralidade. Por fim, para analisar melhor as publicações, usou-se a ferramenta linha do tempo do *CiteSpace*[®]. Por meio dela, foi possível identificar visualmente quais estudos publicados são mais relevantes, juntamente com o ano de publicação. Cabe ressaltar que o tamanho do círculo está associado a quantidade de citações daquele estudo (CHEN, 2016).

2.1 Universidades sustentáveis

Esta seção apresenta uma discussão sobre a temática de Universidades sustentáveis. Na tentativa de propor um Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico em uma universidade, além de buscar práticas sustentáveis nesse âmbito, realizou-se um mapeamento da literatura para identificar trabalhos que haviam sido aplicados em Instituições de Ensino Superior (IES) e que pudessem contribuir para a pesquisa.

Para isso, foi realizada uma análise de cocitação usando o *software CiteSpace*[®] sobre dados coletados nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. Tal procedimento foi realizado

com o intuito de encontrar um número maior de estudos relevantes para a pesquisa. Dessa forma, as informações e métricas utilizadas foram obtidas por meio de relatórios gerados pelo *software CiteSpace*[®], como, por exemplo, mostrado na Figura 1. Cabe ressaltar que as etapas de mapeamento propostas foram seguidas, conforme proposto no Capítulo 3, seção 3.1.

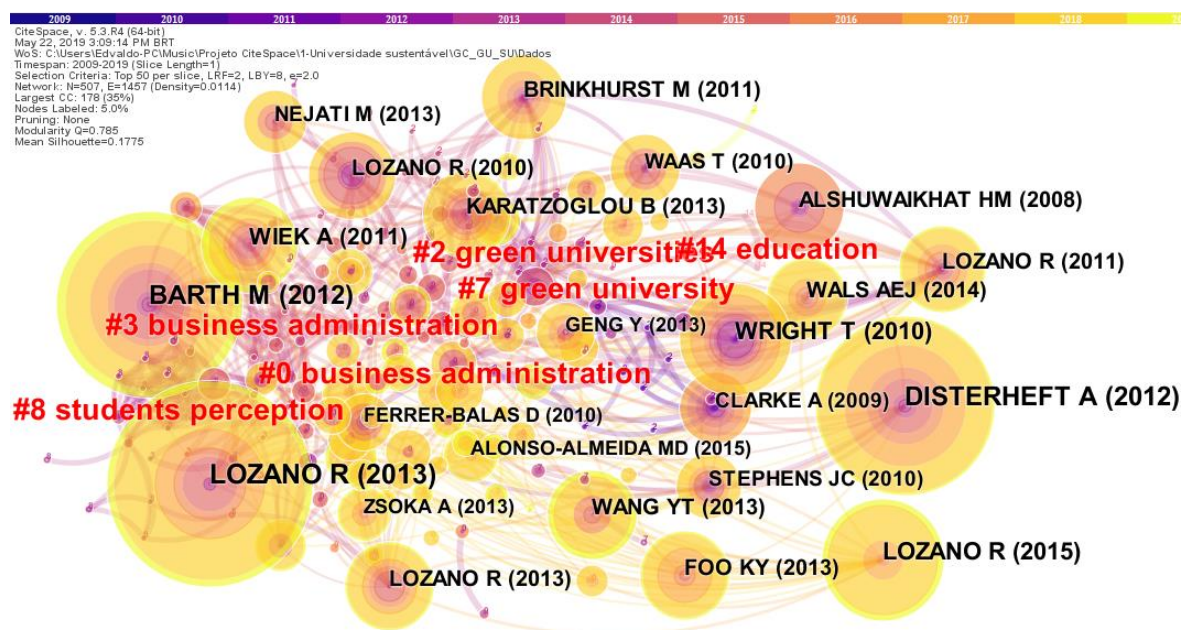


Figura 2 – Mapeamento de artigos por “Universidade Sustentável” (WoS)
Fonte: CiteSpace[®]

No mapeamento mostrado na Figura 1, foram identificados 153 conjuntos de referências cocitadas (ou *clusters*). Destes, apenas seis *clusters* foram considerados satisfatórios e automaticamente representados acima pelo *CiteSpace*[®]. Estes são formados pelos *clusters* #0 *business administration*, #2 *green universities*, #3 *business administration*, #7 *green university*, #8 *students perception* e #14 *education*. Para este trabalho foram analisados os *clusters* #0, #3 e #7, devido a similaridade com os objetivos propostos. Os demais relatórios e análises realizadas foram apresentados no Apêndice A.

2.1.1 Contexto de Universidades Sustentáveis

Em razão dos problemas climáticos, a preocupação em sustentabilidade tem estado presente em vários setores. No setor educacional, percebe-se que as universidades possuem o legado de fornecer, por meio da educação e pesquisa, boas práticas voltadas a produção e desenvolvimento sustentável (BAKER-SHELLEY; ZEIJL-ROZEMA; MARTENS, 2017).

Azzali e Sabour (2018) destacam que no ambiente acadêmico se reúnem pessoas com diferentes estilos de vida e crença, as quais compartilham o mesmo lugar para trabalhar e estudar. Dessa forma Dagiliūtė, Liobikienė e Minelgaitė (2018) defendem que essas instituições podem contribuir para a formação da personalidade, visão de mundo, valores do aluno e desenvolver a consciência ambiental de seus egressos.

Nesse sentido, Alshuwaikhat e Abubakar (2008) e Velazquez et al. (2006) definem que a universidade sustentável é uma Instituição de Ensino Superior (IES) que se compromete em reduzir possíveis impactos gerados por suas atividades. Para os autores, as universidades podem ser consideradas pequenas cidades que afetam o meio ambiente, seja pelo consumo de energia, perda de espaços verdes, uso de produtos químicos ou pela produção de resíduos.

No entanto, somente nos últimos dez anos as IES se tornaram mais conscientes a respeito da sustentabilidade (HANCOCK; NUTTMAN, 2014). No que diz respeito ao descarte de lixo eletrônico em universidades brasileiras, o CEDIR da USP é o pioneiro nessa ação, sendo idealizado e concebido devido ao engajamento de toda comunidade universitária.

Para Lozano (2006) e Velazquez et al. (2006), a colaboração do público interno e externo da IES, como professores, alunos, diretores e comunidade local é essencial para implantação de qualquer prática sustentável. Os *stakeholders* são os responsáveis por introduzir, integrar e desenvolver políticas e práticas. Acredita-se também que orientar o ensino e pesquisa na tratativa ambiental pode auxiliar na preservação do meio ambiente (BRUSCA; LABRADOR; LARRÁN, 2018; BARTH; RIECKMANN, 2012).

Além da pesquisa e ensino, Disterheft et al. (2015) acrescentam que também podem ser utilizadas outras ferramentas de avaliação para identificar e monitorar o progresso do desenvolvimento da sustentabilidade, como: as certificações ISO, auditorias internas e relatórios integrados. Nejati e Nejati (2013) mencionam que essas ferramentas devem ser postas em prática por todos, com suporte da gestão interna nas universidades.

Uma prática comum para alcançar universidades sustentáveis é a implementação da certificação internacional ISO 14001:2015. Essa estratégia tem sido utilizada em universidades a fim de auxiliar na definição de metas para elaboração de políticas e responsabilidades ambientais (ALSHUWAIKHAT; ABUBAKAR, 2008).

Disterheft et al. (2015) destacam que auditorias internas permitem o conhecimento de processos e a identificação de possíveis gargalos. Brusca, Labrador e Larrán (2018) apontam que por meio dos relatórios integrados que abrangem informações financeiras e não financeiras, é possível comunicar valores, ações e o desempenho da instituição.

Nesse sentido, Li, Gu e Liu (2018) defendem que essas ferramentas podem ser relevantes para definir estratégias e reorientar de maneira sistêmica as universidades. Sedlacek (2013) acrescenta que as universidades podem servir de ligação entre governo,

empresas e sociedade. Nesse âmbito, Alshuwaikhat e Abubakar (2008) propõem uma abordagem genérica e integrada visando o alcance da sustentabilidade nas universidades.

2.1.2 Participação Pública e Responsabilidade Social

De acordo com Li, Gu e Liu (2018), a postura da universidade frente a questões ambientais reforça valores e comportamentos desejados na comunidade. Nesse contexto, as universidades passaram a desempenhar um papel estratégico em disseminar práticas que minimizam os impactos sobre o meio ambiente.

Sedlacek (2013) defende que as universidades possuem um papel estratégico no desenvolvimento sustentável em nível regional, pois produzem conhecimento especializado e influenciam a comunidade. Porém, Nejati e Nejati (2013) destacam que o conceito de sustentabilidade tem sido mal interpretado pelas pessoas e organizações, onde muito tem que ser feito para o desenvolvimento sustentável.

Nas estratégias propostas por Alshuwaikhat e Abubakar (2008) para alcance de uma universidade sustentável são apresentadas importantes iniciativas como: participação pública, serviços comunitários e justiça social. Dentre os autores que defendem essas iniciativas estão Baker-Shelley, Zeijl-Rozema e Martens (2017), Dagiliūtė, Liobikienė e Minelgaitė (2018), Disterheft et al. (2015), Li, Gu e Liu (2018), entre outros. Salienta-se que iniciativas como essas podem ser utilizadas para propor um Centro de descarte e reuso em uma universidade, conforme corroborado por Carvalho e Xavier (2014).

A primeira iniciativa consiste em firmar parcerias com organizações privadas, governamentais e não-governamentais (ONGs), com intuito de fomentar atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), organização de conferências e *workshops* sobre sustentabilidade. (BAKER-SHELLEY; ZEIJL-ROZEMA; MARTENS, 2017; LI; GU; LIU, 2018, PACHECO-BLANCO; BASTANTE-CECA, 2016).

A segunda iniciativa deve proporcionar suporte a conscientização da sustentabilidade na comunidade local, através de serviços comunitários. A terceira iniciativa visa a obtenção da justiça social, assegurando a igualdade independentemente de gênero, raça ou condição física. Essas iniciativas integram e dão voz a comunidade envolvida, ao mesmo tempo que difunde práticas sustentáveis (DAGILIŪTĖ; LIOBIKIENĖ; MINELGAITĖ, 2018; NEJATI; NEJATI, 2013; SAMMALISTO; SUNDSTROM; HOLM, 2015).

2.1.3 Pesquisa e Ensino em Sustentabilidade

Para Nejati e Nejati (2013), o estímulo às práticas sustentáveis nas universidades pode contribuir ao bem-estar social e ambiental ao passo que também difunde conhecimentos a sociedade. Conforme León-Fernandez et al. (2018), o ensino e pesquisa em sustentabilidade deve ser prioridade nas instituições de ensino superior, necessitando o apoio da alta administração. Para isso, os autores defendem a reforma no sistema educacional para instigar novas normas, costumes e questionamentos que viabilizem o debate e melhoria ambiental de processos e produtos.

Segundo Pacheco-Blanco e Bastante-Ceca (2016), a pesquisa e o ensino em sustentabilidade são essenciais, pois permite as pessoas refletirem sobre suas responsabilidades e os efeitos de suas ações no ambiente. Para Barth e Rieckmann (2012), as universidades formam muitos políticos, acadêmicos e empresários, que podem levar esses conceitos ambientais às suas práticas profissionais.

Gatti, Ulrich e Seele (2019) defendem que a reforma educacional, tanto nas atividades de ensino e pesquisa no contexto ambiental, requerem uma nova cultura de aprendizagem, com a realização de atividades participativas. Nesse contexto, Brusca, Labrador e Larrán (2018) acrescentam que as universidades sustentáveis devem estar envolvidas em duas perspectivas: educação e pesquisa para alcance sustentável e introdução de políticas para desenvolvimento desses objetivos.

No que se refere ao ensino sustentável, Dlouhá e Pospíšilová (2018) apontam que a educação tem sido discutida há muitos anos pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). Para Alshuwaikhat e Abubakar (2008), as iniciativas de ensino em sustentabilidade envolvem, por exemplo, a realização de conferências, seminários, workshops e inclusão da sustentabilidade na grade curricular.

Por outro lado, Baker-Shelley, Zeijl-Rozema e Martens (2017) e Hancock e Nuttman (2014) defendem que a educação para desenvolvimento sustentável não deve apenas mobilizar disciplinas distintas como também instigar o questionamento crítico. De acordo com Li, Tan e Rackes (2015), a mudança deve estar orientada ao desenvolvimento de habilidades e responsabilidades do aluno.

Para Junior et al. (2019), o foco apenas na alteração curricular equivale a um processo unidirecional e não permite que acadêmicos desenvolvam diferentes visões de mundo e resolvam problemas complexos como, por exemplo, os desafios encontrados na busca da sustentabilidade. De acordo com Jorge et al. (2015), o objetivo do ensino sustentável deve estar fundamentado na formação de cidadãos conscientes e não consumidores de conhecimento ambiental.

Zutsi e Creed (2015) salientam que a pesquisa possibilita encontrar soluções ou

melhorias através do método científico, para problemas ambientais existentes ou possíveis. De acordo com Li, Gu e Liu (2018), a pesquisa em sustentabilidade é fundamental, pois permite gerar novos conhecimentos. Para Soini et al. (2017), as ciências devem proporcionar uma compreensão da sociedade e da natureza para melhor servirem a humanidade. Nesse sentido, Ávila et al. (2017) salientam que a sustentabilidade e a inovação estão intimamente relacionadas, podendo resultar em benefícios positivos em longo prazo.

Para Velazquez et al. (2006), as políticas que dão apoio a educação ambiental consistem em: parcerias, envolvimento da comunidade, estímulo a pesquisa interdisciplinar e multidisciplinar voltadas a prevenção da poluição, redução da utilização de componentes tóxicos, a utilização de energia renovável, entre outros. Nesse contexto, Brusca, Labrador e Larrán (2018) salientam a importância da colaboração dos *stakeholders*.

Segundo Sammalisto, Sundstrom e Holm (2015), embora haja desafios de incluir práticas sustentáveis nas universidades, a criatividade e modelos de instituições que já realizam alguma ação sustentável, pode servir de motivação para lidar com obstáculos de implantação. No que se refere à influência do acesso à informação ambiental e o real impacto prático na sustentabilidade do campus, Chuvieco et al. (2018) ressaltam que existe um amplo debate na educação mundial. Para os autores, o impacto do campo de estudo, quantidade de anos de estudo e a consciência ambiental de estudantes podem interferir positivamente ou negativamente no alcance da sustentabilidade.

2.1.4 Barreiras para a implantação da sustentabilidade nas universidades

Ávila et al. (2017) afirmam que, apesar de universidades buscarem incorporação de práticas sustentáveis em seus processos, muitas instituições ainda relutam em rever seus modelos de negócios. Nesse âmbito, Lozano (2006) reconhece que as dimensões como educação, pesquisa, operações sustentáveis nos campus e apoio da comunidade são interdependentes, e fazer uma transição para sistemas sustentáveis pode ser complexo.

Para Velazquez et al. (2006), uma barreira para a implantação da sustentabilidade é definir parâmetros exatos que uma instituição de ensino superior sustentável deve ter e seguir. Segundo Li, Gu e Liu (2018) é complexo analisar todos os aspectos de um campus sustentável, porém um passo importante, é identificar possíveis práticas sustentáveis nas operações internas.

Lozano (2006) destaca que desenvolver práticas sustentáveis requer tempo, mesmo porque envolve enfrentar a resistência de pelo menos alguns de seus *stakeholders*. Nesse sentido, Sammalisto, Sundstrom e Holm (2015) apontam que os *stakeholders* podem conceituar a sustentabilidade de maneira diferente, dificultando a definição de metas e

padronizações, para alcance de universidades sustentáveis.

Ramos et al. (2015) acrescentam também que a falta de apoio da alta gestão pode comprometer a busca da sustentabilidade. Além disso, o excesso de burocracia e a carência de políticas ambientais de curto e longo prazo são elementos comuns que impedem muitas universidades de exercerem sua gestão ambiental efetiva.

Nesse âmbito, Hancock e Nuttman (2014) defendem que o apoio governamental é essencial e que a universidade tem a influência de representar os interesses comunitários. No entanto, no início da implantação de sistemas sustentáveis nas universidades, Lozano (2006) defende que as universidades devem criar projetos nos campi voltados a economia e reutilização de recursos, viabilizar contratos públicos ecológicos, incluir práticas sustentáveis em nível curricular, fomentar a pesquisa científica sobre temas correlatos, entre outros.

Alshuwaikhat e Abubakar (2008) ainda sugerem a adoção das estratégias *top-down* e *bottom-up* ao mesmo tempo, pois fomentar tais práticas sustentáveis pode requerer necessidades financeiras e autorizações da alta gestão. Assim sendo, Ávila et al. (2017) definem as principais barreiras encontradas na implantação da sustentabilidade em universidades por meio de um identificador (ID), conforme mostrado no Quadro 1.

Nas IES, funcionários e docentes podem ainda ver tais ações sustentáveis como alheias as suas funções, cabendo principalmente a alta gestão estimular tais práticas (SAMMALISTO; SUNDSTROM; HOLM, 2015; DAGILIŪTĖ; LIOBIKIENĖ; MINELGAITĖ, 2018). Sedlacek (2013) afirma que a percepção da comunidade universitária sobre sustentabilidade está associada a valores e atitudes que são modificados com base nos conhecimentos adquiridos.

Para Murugesan (2008), uma forma de alcançar a sustentabilidade em universidades é através da implantação da Tecnologia Informação Verde, também conhecida como *Green IT*. Molla (2008) defende que a gestão consciente em sustentabilidade nas universidades, a qual, embora complexa, permite transpor as barreiras de implantação de práticas verdes no campus, integrando os *stakeholders*.

Conforme será mostrado na seção 2.2, o *Green IT* consiste em um conjunto de práticas (estratégias e ações sustentáveis) voltadas a utilização de recursos computacionais de maneira limpa e eficiente. Diante disso, acredita-se que a Tecnologia verde pode mudar a forma pela qual se destina o lixo eletrônico, de forma a contribuir par os níveis social, ambiental e econômico.

Quadro 1 – Barreiras encontradas na implantação da sustentabilidade em universidades

ID	Descrição
B1	Falta de planejamento
B2	Falta de um comitê ambiental interno
B3	Resistência a mudança pelos <i>stakeholders</i>

B4	Falta de comprometimento para sustentabilidade e inovação
B5	Falta de treinamento
B6	Falta de pesquisa e ensino em sustentabilidade
B7	Falta de consciência ambiental
B8	Falta de apoio da administração universitária
B9	Falta da integração entre ensino, pesquisa e extensão
B10	Falta de diálogo entre departamentos
B11	Burocracia institucional (normas e requisitos)
B12	Falta de políticas e práticas bem definidas
B13	Falta de conhecimento ou prática sobre o tema
B14	Falta de parcerias público-privadas
B15	Falta de recursos orçamentários
B16	Barreiras governamentais (falta de legislação e diretrizes)

Fonte: Adaptado de Ávila et al. (2017).

2.2 Green IT

O setor de TI tem ampliado sua contribuição no PIB global e ao mesmo tempo, causado desequilíbrios ambientais (FAUCHEUX; NICOLAI, 2011). O uso de equipamentos eletrônicos ampliou-se de forma significativa e, conseqüentemente, houve uma produção enorme de resíduos eletrônicos. De acordo com o relatório mundial sobre lixo eletrônico, uma porcentagem mínima desses resíduos é reutilizada ou reciclada (BALDÉ et al., 2017).

Na tentativa de promover a conscientização da destinação do lixo eletrônico em universidades, se faz necessário apontar práticas sustentáveis que possam levar a benefícios sociais, econômicos e ambientais. Nesse sentido, a Tecnologia da Informação Verde ou *Green IT* pode ser aplicada aos recursos eletrônicos (patrimônio da IES), fazendo o uso de uma política de descarte mais limpa.

Para isso, esta seção apresenta uma discussão sobre o conceito de *Green IT*, com base na análise de cocitação realizada pelo *software CiteSpace*[®], usando a base de dados *Scopus* e *Web of Science*. A análise de referências é mostrada na Figura 2. Os demais relatórios e análises realizadas foram apresentados no Apêndice B.

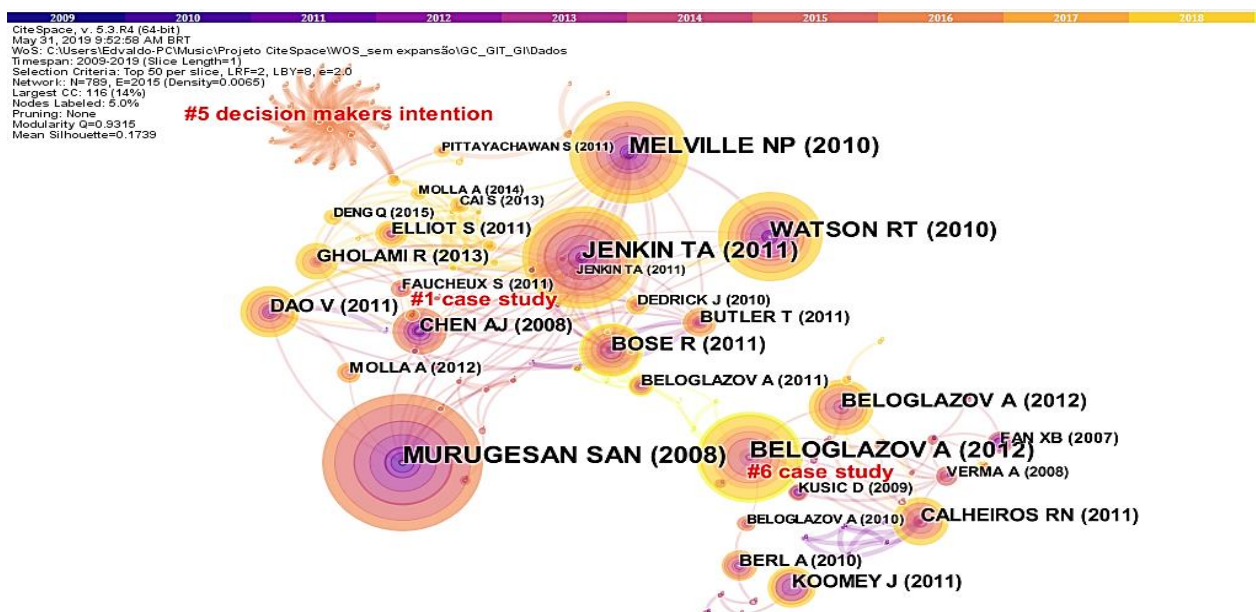


Figura 3 – Mapeamento de artigos por “Green IT” (WoS)
 Fonte: CiteSpace®

Pela análise da Figura 2, foram identificados 241 conjuntos de referências cocitadas (ou *clusters*), salientando que cada conjunto encontrado corresponde a uma linha de pesquisa. Todavia, apenas três *clusters* foram considerados relevantes pelo CiteSpace®, sendo nomeados como #1 case study, #5 decision makers intention e #6 case study. Para efeitos deste trabalho, foram analisados apenas os *clusters* #1 e #5. O *cluster* #6 não foi analisado devido a similaridades do agrupamento com os objetivos propostos.

Com base no mapeamento, apresentou-se o contexto de *Green IT* na subseção 2.2.1, as Estratégias para sustentabilidade na subseção 2.2.2 e por fim, na subseção 2.2.3 são mostradas as ações para sustentabilidade.

2.2.1 Contexto de Green IT

De acordo com Li et al. (2018) e Wang et al. (2018), as organizações em todo o mundo têm sofrido pressões para reinventar seus processos e buscar a sustentabilidade. Segundo Riillo (2017), a sustentabilidade pode ser obtida por meio de legislação ambiental, estratégias e ações em *Green IT*.

Para Ardito e Morisio (2014) as ações regulatórias tendem a impor práticas ou aceitação de uma tecnologia mais sustentável, que talvez não aconteceria. Li et al. (2017) acrescentam que as ações de gestão ambiental isoladas ou práticas ambientais reguladas internacionalmente, como a ISO 14000:2015 também podem contribuir para alcance de

produtos e processos mais limpos.

Murugesan (2008) destaca que a tecnologia da informação contribui significativamente para agravamento dos problemas ambientais e salienta que a aplicação de técnicas como o *Green IT*, podem reduzir esses impactos. Bilal et al. (2014) defendem que o *Green IT* possui várias definições e práticas sustentáveis, onde a aplicação do conceito pode melhorar a eficiência energética e reduzir custos.

Murugesan (2008) define o conceito de *Green IT* como o estudo e projeto de todo o ciclo de vida de itens tecnológicos, como servidores, computadores e subsistemas associados com o mínimo ou nenhum impacto ambiental. Para Murugesan e Gangadharan (2012), essa técnica envolve práticas sustentáveis voltadas ao processo, produção e descarte dos resíduos eletrônicos gerados.

Segundo Mines (2008), *Green IT* é uma tendência e mudança necessária no consumo, consistindo em um conjunto de práticas para obtenção de negócios sustentáveis e ao mesmo tempo que possibilite competitividade. De maneira semelhante, Molla (2008) define o *Green IT* como um conjunto de práticas, estratégias e políticas sustentáveis, que envolvem operações, o sistema de informação e infraestrutura de TI, objetivando conciliar resultados econômicos e ambientais.

Verrier, Rose e Caillaud (2016) afirmam que os processos para produção de bens e serviços consomem recursos naturais e dessa forma, aplicar técnicas como *Green IT* pode minimizar o uso excessivo de energia, repensar processos, reduzir inventários e problemas associados a superprodução. Ardito e Morisio (2014) acrescentam que as principais temáticas da TI verde estão voltadas a utilização de computação eficiente, adoção de sistemas mecânicos e elétricos verdes, gestão de resíduos, entre outros.

Na gestão de resíduos, Zhang et al. (2018) salientam que a obsolescência programada tem contribuído ao descarte de inúmeros itens tecnológicos, ampliando a degradação dos recursos naturais e poluição ambiental. Oncel (2017) enfatiza que é um desafio para muitas organizações conciliar a utilização de recursos naturais e produção sustentável.

2.2.2 Estratégias para sustentabilidade

Bai e Sarkis (2013) afirmam que a gestão verde é complexa e pode incorporar decisões estratégicas. Para Butler (2011), as organizações, meio ambiente e *stakeholders* podem se beneficiar em adotar estratégias sustentáveis para seus produtos e serviços. Nesse contexto, Porter e Van der Linde (1995) e Murugesan (2008) defendem que o *Green IT* pode proporcionar vantagem competitiva às organizações e contribuir em direção a responsabilidade social e ambiental, conciliando com a viabilidade econômica. Para isso, Hart

et al. (1997) defendem que a organização pode desenvolver processos sustentáveis e melhorar sua visão estratégica em sustentabilidade através de três estágios, conforme Figura 4.

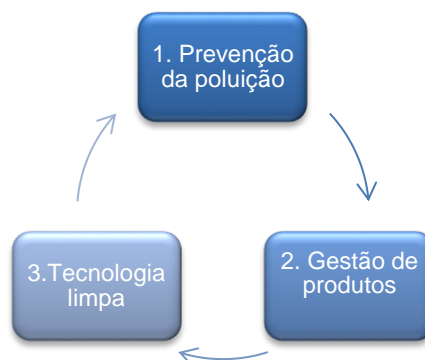


Figura 4 – Estratégias em sustentabilidade
Fonte: Adaptado de Hart et al. (1997)

Para Hart et al. (1997), a prevenção da poluição consiste no primeiro passo para a mudança sustentável. Nesse estágio é necessário identificar processos que causam ou podem causar algum tipo de poluição, de forma a minimizar ou eliminar resíduos antes que sejam criados. Murugesan (2008) acrescenta que todos contribuem de algum modo à poluição ambiental e é dever de todos ter consciência e realizar práticas ambientais.

No segundo estágio, Hart et al. (1997) enfatizam a gestão do ciclo de vida do produto, isto é, etapas de inserção, crescimento, maturidade e declínio do produto devem ser acompanhados pelas organizações, evitando que produtos obsoletos ou resíduos sejam descartados incorretamente no meio ambiente.

No projeto do produto, Rozenfeld et al. (2006), propõem o uso da ferramenta *Design for Environment (DFE)* para criar produtos mais fáceis de reciclar, reutilizar e recuperar. Com aplicação da ferramenta, pode-se realizar uma avaliação completa das entradas materiais e demais recursos necessários para construção do produto, bem como projetar como os produtos podem ser descartados pelos clientes. Lo et al. (2018) acrescentam que é preciso criar políticas internas que promovam a conscientização ambiental, como o incentivo a gestão de resíduos e aquisição de matéria prima de fornecedores verdes.

O estágio de Tecnologia Limpa consiste em soluções voltadas ao uso consciente de recursos naturais, como matérias primas e energia. Na prática, é necessário repensar processos para que eles causem menor ou nenhum impacto ambiental, mantendo o desenvolvimento econômico proporcionado pela atividade. A pesquisa e aplicação de tecnologias limpas são fundamentais para alcance da sustentabilidade nas organizações

(HART et al., 1997).

De modo semelhante, Nidumolu, Prahalad e Rangaswami (2009) defendem que essas estratégias podem ser alcançadas se encaradas como oportunidades. Molla (2008) conclui que tais medidas devem ser propostas em todos os países, pois são relevantes para a preservação do meio ambiente, reduzindo as emissões de carbono.

2.2.3 Ações em Green IT

Molla (2008) defende que as estratégias para alcance da sustentabilidade possuem dimensões políticas, práticas e tecnológicas. Com base nos trabalhos de Murugesan e Gangadharan (2012), Rozenfeld et al. (2006), Molla (2008) e Hart (1997) foi possível identificar algumas ações que podem ser utilizadas nas organizações, conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Ações em Green IT

Ações	Aplicação	Descrição	Resultado
Repensar o uso de itens eletrônicos	- Equipamentos de informática/ Telefonia	- Reutilizar equipamentos em bom estado; - Descarte correto; - Retirar peças/ material reaproveitável.	- Ganhos nos níveis ambiental, social e econômico
Virtualização/ Consolidação	- Servidores	- Redução de servidores físicos, pela utilização de servidores virtuais; - Consolidação em um único servidor.	- Redução do consumo de energia; - Redução de servidores e equipamentos associados.
Computação em nuvem (<i>Cloud Computing</i>)	- Sistema de informação (SI)	- Armazenamento em nuvem; - Utilização de sistemas virtuais.	- Redução de custos; - Aumento da agilidade; - Melhoria da comunicação entre interessados.
<i>Design for Environment (DFE)</i>	- Produto	- Criar produtos mais fáceis de reciclar, reutilizar e recuperar	- Projeto de produtos sustentáveis

Resfriamento (<i>Cooling</i>)	- Centro de dados; - Ambiente.	- Otimização do fluxo de ar	- Redução do consumo de energia
<i>Energy Power Management</i>	- Equipamentos eletroeletrônicos; - Sistemas elétricos.	- Controle do consumo de energia; - Uso de fontes renováveis de energia.	- Redução do consumo de energia
Compras verdes	- Equipamentos; - Sistemas de TI.	- Compras baseadas em critérios sustentáveis	- Redução de impactos ambientais

Fonte: Dados da pesquisa.

Verrier, Rose e Caillaud (2016) salientam que a consciência ambiental e adoção de ações sustentáveis podem permitir que futuras gerações desfrutem suas vidas. Porém, Bai e Sarkis (2013) destacam que o grande desafio dos decisores políticos e organizações é conciliar produção competitiva e preservação do meio ambiente.

Para Hardin-Ramanan, Chang e Issa (2018), a utilização de práticas do *Green IT*, continua a ser uma preocupação, principalmente, nos países em desenvolvimento. No âmbito das universidades brasileiras, a gestão do lixo eletrônico proveniente de seus recursos patrimoniais é mínima, com exceção da Universidade de São Paulo que já desenvolve a ação e a estende a comunidade local (CARVALHO; XAVIER, 2014).

A fim de estimular e contextualizar informações sobre lixo eletrônico, Centros de descarte encontrados no Brasil e legislação aplicável na esfera pública (ambiental e patrimonial), serão apresentados nas seções 2.3 e 2.4.

2.3 Lixo eletrônico

Essa seção apresenta uma discussão sobre a temática de lixo eletrônico. Pretende-se promover a conscientização do descarte sobre esse tipo de resíduo, a princípio nas universidades, pela implantação de um Centro de descarte e reuso. Dessa forma, se faz necessário identificar, levantar e conhecer a literatura associada.

Para isso, a análise de cocitação usando o *software CiteSpace*[®] foi realizada, objetivando identificar um número maior de estudos relevantes para a pesquisa. O mapeamento da literatura foi feito por meio de duas bases de dados: *Web of Science* e *Scopus*, conforme exemplificado na Figura 5. Os demais relatórios e análises realizadas foram apresentados no Apêndice C.

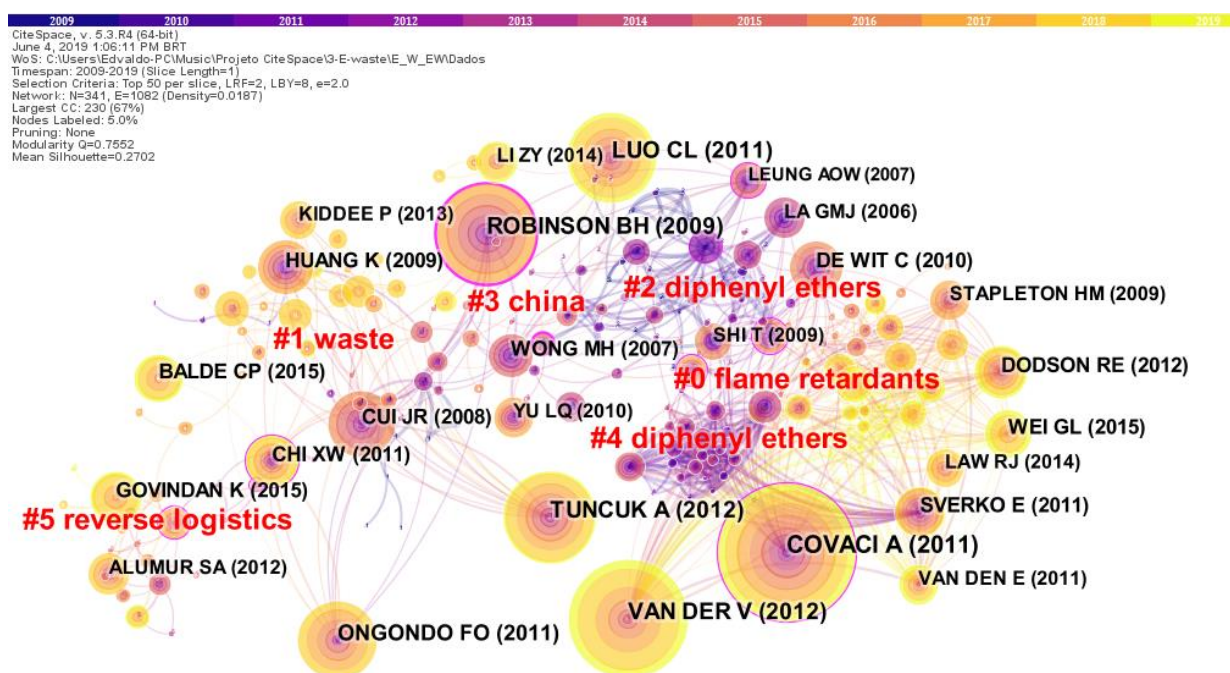


Figura 5 – Mapeamento de artigos por lixo eletrônico (WoS)
Fonte: CiteSpace®

Com base nos resultados acima, foram identificados 72 conjuntos de referências cocitadas (ou *clusters*). Nesse caso, cada agrupamento encontrado corresponde a uma linha de pesquisa. Destes, apenas seis *clusters* (de #0 à #5) foram considerados mais relevantes, sendo mostrados automaticamente na Figura 5. Para a pesquisa, apenas dois *clusters* foram considerados significativos em relação aos objetivos propostos, sendo representados como #1 *waste* e #5 *reverse logistics*.

Os clusters #1 e #5 foram analisados e o resultados foram apresentados na subseção 2.3.1 um breve panorama sobre lixo eletrônico. Na subseção 2.3.2 foram discutidos os exemplos encontrados de Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico em instituições brasileiras; e também, como montar um Centro, de acordo com o SEBRAE.

2.3.1 Breve panorama sobre o lixo eletrônico

O lixo eletrônico consiste em aparelhos eletrônicos descartados como computadores, celulares, TVs, entre outros (ROBINSON, 2009). Para Breivik et al. (2014), os termos *Electronic waste (e-waste)* e *Waste Electrical and Electronic Equipment Directive (WEEE)* são os mais utilizados na literatura, porém este último normalmente inclui dispositivos como

refrigeradores, máquinas de lavar roupa, entre outros.

No mundo são produzidos cerca de 46 milhões de toneladas desse tipo de lixo por ano, sendo que a maior parte está sendo produzida na China e nos Estados Unidos (BALDÉ et al., 2017). Cucchiella et al. (2015) e Baldé et al. (2017) acrescentam que a taxa mundial de crescimento do descarte de resíduos eletrônicos está estimada entre 3% a 5% por ano; e que em 2020, a quantidade mundial descartada ultrapassará a marca de 50 milhões de toneladas, correspondendo a cerca de 7 kg per capita.

Segundo Akcil et al. (2015), a geração de lixo eletrônico está associada ao comportamento consumista da sociedade e ao surgimento de novidades tecnológicas. Conforme Menikpura, Santo e Hotta (2014), o descarte pode estar associado ao curto ciclo de vida dos produtos.

Nesse sentido, salienta-se que a China está na posição de maior produtora mundial de resíduo eletrônico, sendo que irá gerar entre 15,5 e 28,4 milhões de toneladas em 2020 e 2030, respectivamente (ZENG et al., 2017). O segundo maior produtor mundial é os Estados Unidos, sendo o maior do continente americano, seguido do Brasil. Sabe-se que em 2016, os EUA, coletaram apenas 22% do lixo que geraram (BALDÉ et al., 2017).

Para resolver este problema, os autores defendem que as atividades de reaproveitamento de resíduos eletrônicos considerados defasados ou inservíveis, podem reduzir a necessidade de matéria prima e, dessa forma, contribuir positivamente na redução da poluição ambiental no planeta (BALDÉ et al., 2017).

Menikpura, Santo e Hotta (2014) salientam que produzir produtos eletrônicos exige da mineração a extração e refino de matérias primas não renováveis. Dessa forma, Robinson (2009) defende que deve haver políticas que promovam o retorno consciente do resíduo, para que se evite danos ao ambiente e a saúde.

Esses resíduos quando descartados incorretamente, acabam indo parar em aterros, incineradores ou lixos (BALDÉ et al., 2017). De acordo com Song e Li (2014), os metais pesados presentes nos resíduos podem afetar a saúde humana, consistindo em uma importante questão de saúde pública. Widmer et al. (2005) completam que os metais perigosos em contato com o solo ou corpo humano podem liberar toxinas e provocar danos cerebrais, reações alérgicas e câncer.

A fim de destinar o lixo eletrônico, Zhang e Xu (2016) destacam dois processos de reaproveitamento. O primeiro é elementar, sendo um processo de desmontagem e classificação. O segundo, possui alto valor agregado, pois incorporam novas tecnologias para recuperar metais dos resíduos.

Wong et al. (2007) defendem que exploração da recuperação das substâncias integrantes do lixo como cádmio, chumbo, alumínio, mercúrio e cobre, além de ser benéfica ao meio ambiente, pode desenvolver uma economia circular e rentável. Widmer et al. (2005)

salientam que além dos metais, em maior concentração, pode-se extrair o plástico, vidro, placas de circuito impresso, cabos, entre outros.

Porém, Govindan, Soleimani e Kannan (2015) destacam que, apesar da logística reversa possuir benefícios, muitos países, empresas ou mesmo consumidores desprezam a importância de estimular e realizar o descarte correto. Segundo Baldé et al. (2017), apenas 66% dos países no mundo possuíam legislação voltada ao descarte de lixo eletrônico. Porém, o autor salienta que esse fato nem sempre se traduz em ações concretas.

Ongondo, Williams e Cherrett (2011) defendem que os países europeus estão à frente e mais preocupados com o tratamento, prevenção e regulação do descarte de lixo eletrônico. Conforme Baldé et al. (2017), o continente europeu em 2016 produziu 12,3 milhões de toneladas de lixo eletrônico, tendo coletado e reciclado 35% desses resíduos.

Neste mesmo ano, o continente asiático foi o que mais gerou lixo, porém coletou e reciclou 15% desses resíduos. Já o continente americano coletou e reciclou apenas 17% dos 11,3 milhões de toneladas de lixo. A Oceania coletou apenas 6% dos 0,7 milhões de resíduos. Já o continente africano coletou cerca de 0% dos 2,2 milhões gerados nesse ano (BALDÉ et al., 2017).

Com base nisso, Carvalho e Xavier (2014) defendem que universidades adotem medidas de reciclagem ou reutilização do lixo eletrônico, como a criação de um Centro de descarte e reuso. Essa ação pode aumentar a conscientização da comunidade universitária e o descarte correto, evitando doenças, gerando empregos e contribuindo para a melhoria ambiental. Com base nisso, a subseção 2.3.2 mostrará os Centros e formas de descarte brasileiras encontradas na literatura.

2.3.2 Centro de descarte

Esta seção apresenta uma discussão sobre Centro de descarte de resíduos eletrônicos identificados em instituições brasileiras. Também apresenta meios apontados pelo SEBRAE para abrir um empreendimento dessa tipologia.

2.3.2.1 Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (CEDIR)

Esta subseção foi redigida inteiramente com base nos autores Carvalho e Xavier (2014). O projeto surgiu pela percepção da necessidade de destinação de resíduos eletrônicos. Frente a esse cenário, em 2007 foi criada a Comissão de Sustentabilidade para sugerir práticas sustentáveis e corrigir problemas ambientais do Centro de Computação

Eletrônica da Universidade de São Paulo (CCE-USP). As práticas sugeridas envolvem desde o uso racional de energia elétrica e água, ao tratamento do lixo eletrônico produzido dentro do campus.

A primeira ação de coleta de resíduos de equipamentos eletrônicos, conhecida como Operação Descarte Legal, foi realizada em 2008. Essa ação abrangeu apenas colaboradores do próprio CCE-USP, onde se arrecadou 5,2 toneladas de material eletrônico.

O material recolhido foi armazenado em um contêiner para posterior venda a empresas de reciclagem que dispunham de credenciamento necessário para recolher estes resíduos. Porém, foi verificado que as empresas aptas para comprar esses materiais tiveram pouco interesse em relação ao que foi coletado, em virtude do custo do frete e pelo material estar sem nenhum pré-processamento.

Diante dessa realidade, avaliou-se a possibilidade de se criar o Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (CEDIR). Em 2008, o projeto de criação do CEDIR foi selecionado por um grupo de pesquisadores do MIT L-Lab para parceria, objetivando o desenvolvimento do Centro com estudos sobre legislação, visitas a empresas de reciclagem e contato com especialistas da área, entre outros.

O processo de criação do CEDIR foi iniciado com pesquisa e investigações acerca do mercado de reciclagem, sobretudo de resíduos eletrônicos. Posteriormente, um plano de gestão de resíduos foi criado para identificar a cadeia de transformação de lixo eletrônico na universidade. Tais medidas puderam identificar os recursos materiais, humanos e de infraestrutura para implantação de um Centro de reuso de descarte de lixo eletrônico.

Dessa forma, o CEDIR foi idealizado e criado no final de 2009, com a finalidade de receber e destinar de maneira correta resíduos de informática e telecomunicações produzido pela própria universidade, em razão da obsolescência ou mal funcionamento do seu patrimônio eletrônico. No primeiro semestre de 2010, o CEDIR abriu seu atendimento a pessoas físicas e desde então, vem ampliando suas atividades, como a coleta de pilhas, baterias, monitores CRT, *tonners* e cartuchos de tinta para destinação correta.

Salienta-se que o CEDIR foi idealizado inicialmente apenas como Centro de desmonte, sobretudo de equipamentos de informática. No decorrer de suas operações diárias, foi percebido através da etapa de triagem, que muitos dos equipamentos recebidos estavam em bom estado e poderiam ser reutilizados, se houvesse algum tipo de reparo. Desta forma, surgiu a ideia de destinar tais equipamentos reparados a projetos sociais.

Conforme Carvalho e Xavier (2014), os principais objetivos do CEDIR consistem em:

- a) Determinar o fluxo dos equipamentos eletrônicos;
- b) Implantar programas de coleta e descarte consciente de lixo eletrônico;
- c) Eliminar/reduzir de forma sustentável o lixo eletrônico gerado na universidade e comunidade;

- d) Promover a conscientização da comunidade universitária interna e externa, para a adoção de compras verdes e o descarte sustentável do lixo eletrônico;
- e) Receber e realizar encaminhamento sustentável do material eletrônico (reuso, descarte e reciclagem);
- f) Identificar parcerias críticas para o funcionamento do Centro.

Projetos como o CEDIR visam atender quatro áreas fundamentais: ambiental, social, econômica e cultural, conforme mostrado na Figura 5.

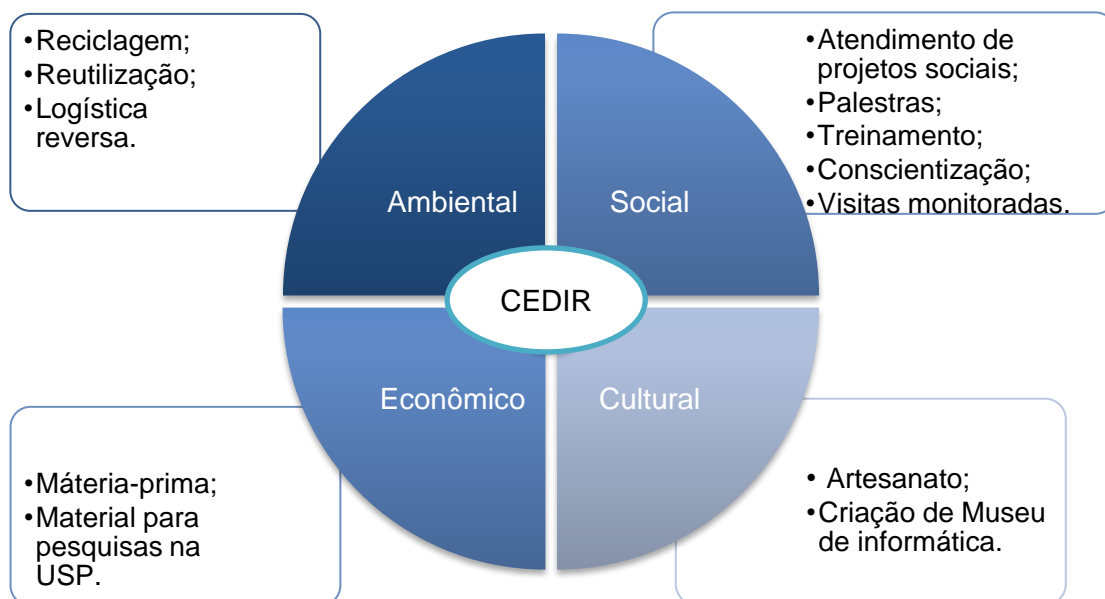


Figura 6 – Benefícios da implantação de um Centro de reuso e descarte
 Fonte: Adaptado Carvalho e Xavier (2014).

2.3.2.1.1 Funcionamento

Para atingir os objetivos propostos, o CEDIR recebe o material eletrônico sem número de patrimônio da USP, ou doado. A doação pode ser realizada por pessoas físicas ou jurídicas, onde para isso é necessário que os interessados agendem a entrega pelo Help Desk do CCE-USP, mencionando quais e que quantidade de material eletrônico.

Na triagem, os equipamentos e componentes são testados dentro do ambiente de operação e o material é separado em dois grandes grupos: resíduos eletrônicos e material com viabilidade de funcionamento. Quando há possibilidade de conserto ou melhoria, peças em bom estado podem ser utilizadas na remanufatura de microcomputadores e, posteriormente, são doados ou emprestados a projetos sociais, universidades e escolas públicas com necessidade de recursos de informática.

O material eletrônico considerado inservível, passa por processo de pesagem, desmontagem, separação de componentes, descaracterização e compactação. Ao final do processo, os componentes separados conforme placas, plástico, metal e vidro são armazenados segundo quantidade de compra especificada por recicladores e depois encaminhada aos mesmos para aproveitamento da matéria prima. Cabe observar que as indústrias de reciclagem são certificadas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e credenciadas no CEDIR/USP.

2.3.2.2 Centro de condicionamento de computadores (CRC)

É um espaço destinado a receber equipamentos eletroeletrônicos descartados por órgãos federais, pessoas físicas e jurídicas. Ao mesmo tempo, o Centro propõe realizar projetos sociais como cursos e oficinas com os equipamentos de informática recebidos (MCTIC, 2019).

Objetiva-se a profissionalização de jovens em situação de vulnerabilidade social, ao mesmo tempo em que se deixam os itens recebidos em condições de uso. Após a realização de conserto, os itens de informática são encaminhados a Pontos de Inclusão Digital, como bibliotecas, escolas públicas, entre outros (MCTIC, 2019).

Para doar equipamentos para o CRC, é necessário informar quais itens serão doados para o Ministério do Planejamento. A lista de itens é repassada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) para avaliação. O MCTIC atua como um intermediador, entre os CRCs conveniados e doador, identificando quais equipamentos se tem interesse em receber e a qual Centro se destinará o equipamento doado. No Brasil existem seis CRCs, sediados em Belo Horizonte-MG, Emaús-PA, Maracanaú-CE, São Paulo-SP, Petrolina – PE e Valparaíso de Goiás – GO (MCTIC, 2019).

2.3.2.3 Como montar um Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico

Esta subseção foi redigida inteiramente com base no manual do Sebrae (2018) para abertura de um centro de descarte. Segundo informações obtidas, a abertura de uma empresa de reciclagem de lixo eletrônico se inicia pelo estudo do mercado e a definição do plano de negócio. Dessa forma, é importante conhecer processos, formas de reciclagem, levantar recursos para infraestrutura, equipamentos e necessidade de pessoal.

Para a abertura é necessário o cumprimento de exigências legais e específicas. O primeiro passo consiste em registrar o contrato social na junta comercial. Dessa forma, no órgão será requisitado um CNPJ e gerado um nº de identificação de registro de empresa

(NIRE). O próximo passo é registrar a empresa no município através da obtenção do alvará de funcionamento e localização.

Com os registros anteriores obtidos, é necessário requisitar a inscrição estadual para legalizar a contribuição do imposto sobre circulação de produtos e serviços (ICMS) pela Receita Federal ou Secretária da Fazenda. Outras licenças que podem ser necessárias para a abertura de uma empresa, a depender de legislação de cada estado, consistem na licença ambiental, licença sanitária e alvará dos bombeiros.

Cabe ressaltar que o Centro deve ser localizado preferencialmente em área industrial, pois equipamentos e demais operações podem apresentar ruídos e vibrações. A instalação pode ser simples e de baixo custo, baseada na disposição dos equipamentos e utilização de abafadores de ruídos.

Quando é necessário reduzir os ruídos de forma mais acentuada, pode-se utilizar isolamento, aumentando significativamente o custo de implantação. Salienta-se que o local escolhido deve possuir áreas de recebimento de matéria prima, movimentação e expedição de itens tratados.

Segundo o Sebrae (2018), o espaço de 500m² é suficiente para construir um Centro de reciclagem de lixo eletrônico de pequeno porte. Tal espaço permitirá acondicionar os materiais recolhidos para reciclagem, instalação de maquinário, movimentação, operação e estocagem de itens finais para a comercialização. Numa operação industrial simples, as principais máquinas e equipamentos que podem ser utilizados no processo são: triturador, prensa e balança.

Cabe ressaltar que ações ambientais como essa devem ser fortalecidas por uma legislação aplicável, além de uma gestão eficiente de todo o ciclo do produto (LI et al., 2018). Dessa forma, a fim de propor um Centro de reuso e descarte de lixo eletrônico em uma universidade, fez-se necessário levantar a legislação ambiental e patrimonial em IES públicas. Essas informações foram descritas na seção 2.4.

2.4 Legislação ambiental

Essa seção apresenta uma discussão sobre Legislação ambiental voltada ao descarte de resíduos. Na subseção 2.4.1 é apresentada uma breve introdução à Política Nacional do Meio Ambiente. A subseção 2.4.2 é destinada a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. E por fim, na subseção 2.4.3 é tratado o descarte de material no âmbito da Administração Pública.

2.4.1 Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Nº 6.938/1981)

O meio ambiente é considerado um patrimônio público que deve ser resguardado e protegido para uso coletivo. Desta forma, o objetivo da Política Nacional do Meio Ambiente é contribuir para preservação e melhoria da qualidade ambiental, assegurando a possibilidade do desenvolvimento socioeconômico, segurança nacional e a proteção dignidade da vida humana.

Segundo o art. 3 da Política Nacional, entende-se por meio ambiente o “conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. Nesse sentido, toda atividade com potencial ou efetivamente poluidora deve ser controlada.

É considerado poluidor toda pessoa física, pessoa jurídica pública e privada, ou qualquer responsável direta ou indiretamente pela atividade prejudicial ao ambiente. Em contrapartida, a Política Nacional do Meio Ambiente impõe ao poluidor a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados pela atividade degradante.

Embora a preocupação ambiental seja exposta na Lei Nº 6.938/1981, somente em 2010 surge pela primeira vez a atenção, em termos de legislação, para o descarte de resíduos eletroeletrônicos no país. Tal medida foi brevemente fundamentada na Política Nacional de Resíduos Sólidos, devido a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e da saúde pública brasileira.

Para Oliveira, Serra e Salgado (2010), a consciência ambiental em países emergentes é crítica. No Brasil, existe muita carência em informação e fiscalização da destinação desses resíduos, abrindo margem para a poluição do solo, águas superficiais e subterrâneas, entre outros (CARVALHO; XAVIER, 2014). Porém, as autoras argumentam que mudanças conscientes no consumo, ações de entidades não governamentais e mudanças nas legislações ambientais podem exercer uma pressão cada vez maior para adoção de práticas sustentáveis.

2.4.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Nº 12.305/2010)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos foi instituída pela Lei Nº 12.305/2010 e é regulamentada, em termos de execução pelo Decreto Nº 7.404. Conforme art. 1 da Política Nacional, a lei foi criada para estabelecer princípios, diretrizes, objetivos e instrumentos referentes ao gerenciamento de resíduos sólidos e gestão integrada.

De acordo com o art.3, inciso XVI, resíduos sólidos são definidos como:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado

a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p.11).

Conforme art.3 inciso X e XI, o gerenciamento de resíduos sólidos consiste em ações aplicadas direta ou indiretamente, envolvendo a coleta, transporte, transbordo, tratamento, e destinação de resíduos sólidos ou disposição de rejeitos. Objetiva-se estabelecer padrões sustentáveis de consumo e produção, a fim de assegurar qualidade ambiental, condições de vida para a sociedade e futuras gerações.

Estão sujeitas a Lei Nº 12.305/2010, pessoas físicas e jurídicas, do setor público ou privado, responsáveis direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos, excetuando os rejeitos radioativos que são regulamentados por legislação específica.

Segundo art. 13, inciso II, o lixo eletrônico é considerado um resíduo sólido perigoso, e, portanto, não deve ser descartado diretamente em aterros sanitários ou juntamente com o lixo comum. O descarte incorreto apresenta risco a saúde pública e a qualidade ambiental, pois os metais presentes nos componentes eletroeletrônicos podem contaminar a água, solo, lençóis freáticos, animais, entre outros (BRASIL, 2010).

Segundo os art. 37, 38 e 39, empreendimentos ou atividades que gerem ou utilizem resíduos perigosos somente podem ser licenciados ou autorizados se o responsável comprovar mínima capacidade técnica, econômica e possuir cuidados necessários para o gerenciamento dos resíduos. As pessoas jurídicas que operam nessa situação são obrigadas a ter o cadastro nacional de operadores de resíduos perigosos e elaborar plano de gerenciamento de resíduos perigosos, onde este deve ser submetido ao órgão competente (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, o art.33 inciso VI do *caput* destaca que fabricantes, distribuidores, comerciantes e importadores são obrigados a propor sistemas de logística reversa de forma independente do serviço público de limpeza urbana. Porém, o art. 44 salienta que o poder público pode conceder subsídios fiscais e financeiros para indústrias, empresas, projetos relacionados à limpeza urbana e de responsabilidade pelo ciclo de vida do produto.

As medidas de logística reversa por parte dos fabricantes, distribuidores, comerciantes e importadores envolvem, por exemplo, a realização da compra de produtos e embalagens usados, propor Centros de coleta de resíduos e desenvolver parcerias com cooperativas. Ao mesmo tempo, salienta-se que os consumidores devem devolver produtos ou embalagens usadas aos comerciantes ou distribuidores, e estes deverão realizar a devolução aos respectivos fabricantes ou importadores.

2.4.3 Descarte de material no âmbito da Administração Pública

De acordo com instrução normativa nº 205/88 da Sedap, material é uma:

designação genérica de equipamentos, componentes, sobressalentes, acessórios, veículos em geral, matérias-primas e outros itens empregados ou passíveis de emprego nas atividades das organizações públicas federais, independente de qualquer fator, bem como, aquele oriundo de demolição ou desmontagem, aparas, acondicionamentos, embalagens e resíduos economicamente aproveitáveis.

Nesse sentido, o material público é regulado pelo Decreto Nº 9.373/2018, podendo ser reaproveitado, descartado, passar por processo de alienação (venda, permuta ou doação) e movimentação. Quando o material é considerado inservível para a entidade, repartição ou órgão público, este deve ser classificado como ocioso, recuperável, antieconômico ou irre recuperável (BRASIL, 2018). Dessa forma, tais classificações são mostradas:

- a) Material ocioso é aquele que possui perfeitas condições de uso, porém não está sendo utilizado pela administração pública. Dessa forma, podem ser transferidos a outro órgão mediante a confecção de um Termo de Cessão. Salienta-se que equipamentos de informática considerados ociosos podem ser doados a instituições filantrópicas.
- b) Material recuperável é aquele que pode proporcionar boas condições de trabalho, se recuperado com orçamento de até metade de seu valor de mercado. A instrução normativa nº 142 complementa que a manutenção periódica deve ser racional e econômica, conforme as exigências técnicas de cada material público. Salienta-se que equipamentos de informática considerados recuperáveis podem ser doados a instituições filantrópicas.
- c) Material antieconômico apresenta custo de manutenção inviável ou rendimento precário.
- d) Material irre recuperável é aquele que apresenta perda nas suas características fundamentais de uso, não sendo viável financeiramente a sua recuperação.

Conforme Decreto Nº 9.373/2018, após classificar o material como irre recuperável ou verificar inviabilidade de recuperação, a autoridade competente do órgão determinará sua inutilização, realizando a baixa no sistema. Nesta etapa, é necessário retirar partes financeiramente aproveitáveis, se existentes. Assim, estes podem ser vendidos por concorrência, convite ou leilão, sendo incorporados ao patrimônio (BRASIL, 2018).

Por fim, a seção 2.5 apresenta a técnica de simulação utilizada nesse estudo.

2.5 Simulação

Esta seção objetivou a compreensão da técnica de simulação computacional utilizada no estudo. Para isso, na subseção 2.5.1 é mostrada as definições dos principais autores da área e na subseção 2.5.2, as terminologias utilizadas.

2.5.1 Definições

Para Harrell, Ghosh e Bowden (2011), a simulação computacional é uma técnica para tomada de decisão que representa um sistema real por meio de um modelo detalhado. Nesse caso, o sistema representativo corresponde a combinação de elementos como, pessoas e equipamentos para alcançar uma meta específica.

De acordo com Law (2016), a simulação é uma ferramenta de análise de cenário, onde o processo de experimentação computacional, aliado a modelos matemáticos e métodos de otimização, visa determinar o comportamento do sistema e obter resultados associados. Chwif e Medina (2015) acrescentam que a simulação pode ser classificada como Simulação Monte Carlo, contínua ou de eventos discretos. Esta é utilizada para representar sistemas reais que sofrem alterações ao longo do tempo

Kelton, Sadowski e Zupick (2015) complementam que o modelo computacional criado na simulação discreta pode estar associado a um sistema real ou proposto. Em ambos os casos, é importante a realização de experimentos numéricos, a fim de conduzir a um melhor entendimento do comportamento do sistema nas condições de contorno definidas.

Harrell, Ghosh e Bowden (2011) defendem que o modelo de simulação reproduz as condições dinâmicas de um sistema real e podem ser utilizadas para entender a realidade, evitando a natureza dispendiosa das técnicas tradicionais de tentativa e erro. Por outro lado, Chwif e Medina (2015) afirmam que sistemas reais são mais difíceis de analisar em razão da sua natureza dinâmica e aleatória.

Nesse sentido, Law (2016) acrescenta que o emprego da simulação tem como objetivo estudar um sistema cientificamente. Através de suposições matemáticas ou lógicas cria-se um modelo simples ou complexo para análise. O autor salienta que tais modelos podem ser construídos conforme disponibilidade de tempo para o estudo e recursos.

Em síntese, Chwif e Medina (2015), Harrell, Ghosh e Bowden (2011), Kelton, Sadowski e Zupick (2015) e Law (2016) defendem que a simulação pode prever com precisão o desempenho de qualquer sistema, mostrar o comportamento ao longo do tempo (tempo comprimido, real ou atrasado), forçar a atenção dos detalhes do sistema em estudo, além de apresentar resultados fáceis de entender e comunicar.

Nesse âmbito, a condução de experimentos via simulação computacional pode

apresentar ganho de conhecimento numa situação real, potencializando a redução de tempo, custos e entendimento do funcionamento total do sistema. Ao mesmo tempo, é constatado que o emprego da técnica simulação é mais demorado, apesar de ser menos dispendiosa (HARRELL, GHOSH; BOWDEN, 2011).

Chwif e Medina (2015) também destacam que a simulação não pode prever o futuro, não consiste em um modelo matemático, não é uma ferramenta de otimização e por fim, não substitui o pensamento inteligente no processo de tomada de decisão.

2.5.2 Terminologia em Simulação de eventos discretos

Para Law (2016), a simulação computacional baseia-se em um experimento com a utilização de um modelo matemático do sistema real. Este modelo pode ser icônico, análogo ou simbólico, onde as propriedades dos sistemas podem ser representadas com a fidelidade do sistema, equivalente ou por símbolos, respectivamente.

Harrell, Ghosh e Bowden (2011) classificam esse modelo representativo como estático ou dinâmico. No modelo estático, não se considera as variáveis de tempo e as relações são determinísticas. No modelo dinâmico, as variáveis são analisadas conforme o tempo decorrido na simulação. Essas alterações no decorrer do tempo podem ser discretas ou contínuas.

Nesse âmbito, Kelton, Sadowski e Zupick (2015) apontam que modelos discretos de simulação sofrem alterações momentâneas em picos. Já os modelos contínuos, apresentam suaves e constantes alterações no tempo. Law (2016) salienta que tais modelos também podem ser classificados quanto a natureza, podendo ser determinístico ou estocástico.

Law (2016) afirma que os modelos determinísticos envolvem relações exatas e não randômicas. Já no modelo estocástico, pelo menos uma variável tem forma probabilística. Dessa forma, o autor destaca que as entidades representam pessoas ou objetos no modelo computacional, que se relacionam entre si para compor um cenário de análise. Já os locais são lugares em que entidades podem processadas, armazenadas ou tomar um novo roteiro.

Após finalizar o modelo, este pode ser executado em um programa de simulação computacional, definindo o tempo de execução e número de replicações, isto é, a quantidade de horas ou minutos em que aquele sistema aproximado será analisado e a quantidade de vezes que o modelo será repetido durante a simulação (HARRELL, GHOSH; BOWDEN, 2011).

Nesse sentido, objetivando a compreensão da metodologia seguida no estudo, foi elaborado o Capítulo 3.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

Segundo Marconi e Lakatos (2003, p.155) a pesquisa “é um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais”. Dessa forma, para cumprir o objetivo geral proposto, as seguintes características metodológicas serão seguidas: explicação científica hipotético-dedutiva, abordagem de pesquisa qualitativa, procedimento de pesquisa teórico-conceitual e experimental devido a utilização da simulação computacional para elaboração de cenário.

Para Zanella (2006), a explicação científica hipotético-dedutiva consiste em buscar uma solução por meio de tentativas (suposições, hipóteses, teorias) e eliminação de erros. No estudo, pretende-se encontrar uma resposta a hipótese formulada de que a implantação de um Centro de descarte e reuso assegura que resíduos eletrônicos não fiquem dispersos nos departamentos das universidades.

Conforme Berto e Nakano (1998), a classificação de uma pesquisa em relação à sua abordagem pode ser qualitativa ou quantitativa. A abordagem de pesquisa utilizada foi qualitativa, pois de acordo com Severino (2017), o objetivo é compreender os fenômenos tendo como base a investigação dentro do seu contexto. Brannen (2017), salienta, porém, que estudos qualitativos podem envolver interpretação e coleta de dados numéricos obtidos por tratativas visuais e verbais, pela observação e experimentação.

De acordo com Marconi e Lakatos (2003), o gênero da pesquisa é teórico-conceitual pois objetiva-se reconstruir ideologias e não implica na intervenção imediata na realidade. A pesquisa propõe um cenário de Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico em universidades, levantando modelos já existentes, trabalhos científicos e legislação associada, como mecanismo de melhoria ambiental, social e econômico.

Para Gil (2002), o estudo consiste em uma pesquisa experimental, pois delimita-se o problema em estudo, definindo o modo ou o porquê as causas do problema são produzidas.

Assim, a pesquisa experimental está atrelada ao uso de simulações computacionais, conforme advogado por Bryman (2003).

3.1 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de roteiros semiestruturados (Apêndices A, B e C) e pela técnica de amostragem defendida por Peinado e Graeml (2007). Dessa forma, os roteiros foram destinados ao Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática da Universidade de São Paulo-USP (CEDIR), empresa local de informática e manutenção de computadores e órgãos da Universidade Federal de Goiás - UFG, regional Catalão, como a Divisão de Patrimônio e Manutenção de Equipamentos (DPAME), Coordenação de Administração e Finanças (CAF) e Centro de Gestão do Espaço Físico (CEGEF).

A quantidade de amostras a serem cronometradas de material eletrônico de informática na empresa local, com a finalidade de obtenção do tempo médio de desmonte, foi obtida pela expressão numérica proposta por Peinado e Graeml (2007). O grau de confiabilidade utilizado foi de 95% e erro relativo de 5%.

$$N = \left(\frac{Z * R}{Er * d_2 * \bar{x}} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

N= número de ciclos a serem cronometrados;

Z= Coeficiente de distribuição normal para probabilidade definida;

R= Amplitude da amostra;

Er= erro relativo da medida;

d₂= coeficiente em função da quantidade cronometrada inicialmente;

\bar{x} = é a média dos valores das observações.

3.2 Simulação

A simulação foi concebida pelo *software ProModel*[®], com intuito de compreender como seria o funcionamento de um Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico em uma universidade. A técnica simulação foi conceituada no Capítulo 2, na subseção 2.5.1; e na subseção 2.5.2, foram discutidas as principais terminologias pertinentes a simulação de eventos discretos.



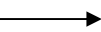
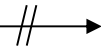



Nesse âmbito, Harrell, Ghosh e Bowden (2011) defendem que a técnica de simulação computacional vai além do desenvolvimento de um modelo de simulação referente a algum processo de interesse. Para os autores é necessário selecionar ferramentas adequadas, treinar pessoal e seguir um método de trabalho, com um bom planejamento e coordenação. Dessa forma, Harrell, Ghosh e Bowden (2011) definem seis etapas, a saber:

- (i) Definição dos objetivos e planejamento do estudo;
- (ii) Coleta e análise de dados do sistema;
- (iii) Construir o modelo;
- (iv) Validação do modelo;
- (v) Condução dos experimentos;
- (vi) Apresentar os resultados.

Os autores destacam que as etapas não precisam ser completadas integralmente e que elas podem ser feitas simultaneamente. Dessa forma, a simulação pode ser redefinida e refinada a cada etapa, conforme objetivos, planejamento e restrições do estudo. Ao mesmo tempo, é notável também que todo estudo de simulação é iniciado pela primeira etapa (HARRELL, GHOSH; BOWDEN, 2011).

Observa-se que na segunda etapa, apenas os dados essenciais para captar a essência do sistema real devem ser coletados, a fim de evitar custos excessivos de desenvolvimento. Na etapa 3, o modelo conceitual é criado e posteriormente deve ser validado (etapa 4) para apresentar resultados confiáveis. Para o desenvolvimento do modelo conceitual, os autores Leal, Almeida e Montevechi (2008) defendem o uso da técnica IDEF-SIM, conforme simbologia descrita no Quadro 3.

Quadro 3 – Legenda IDEF- SIM

Símbolo	Aplicação
	Entidades
	Funções: Locais de processamento de entidades
	Fluxo de movimentação das entidades
	Fluxo de entrada no sistema modelado
	Regra e: Dois ou mais caminhos são realizados juntos
	Regra ou: Dois ou mais caminhos são executados de forma alternativa
	Ponto final do sistema modelado

Fonte: Adaptado de Leal, Almeida e Montevechi (2008)

Na etapa 5 é definido as condições e configurações iniciais de simulação. Por fim, resultados finais são obtidos pela execução do modelo computacional, através de técnicas estatísticas (HARRELL; GHOSH; BOWDEN, 2011).

Nesse contexto destaca-se que o estudo se orientou pelas cinco etapas mostradas na Figura 7.

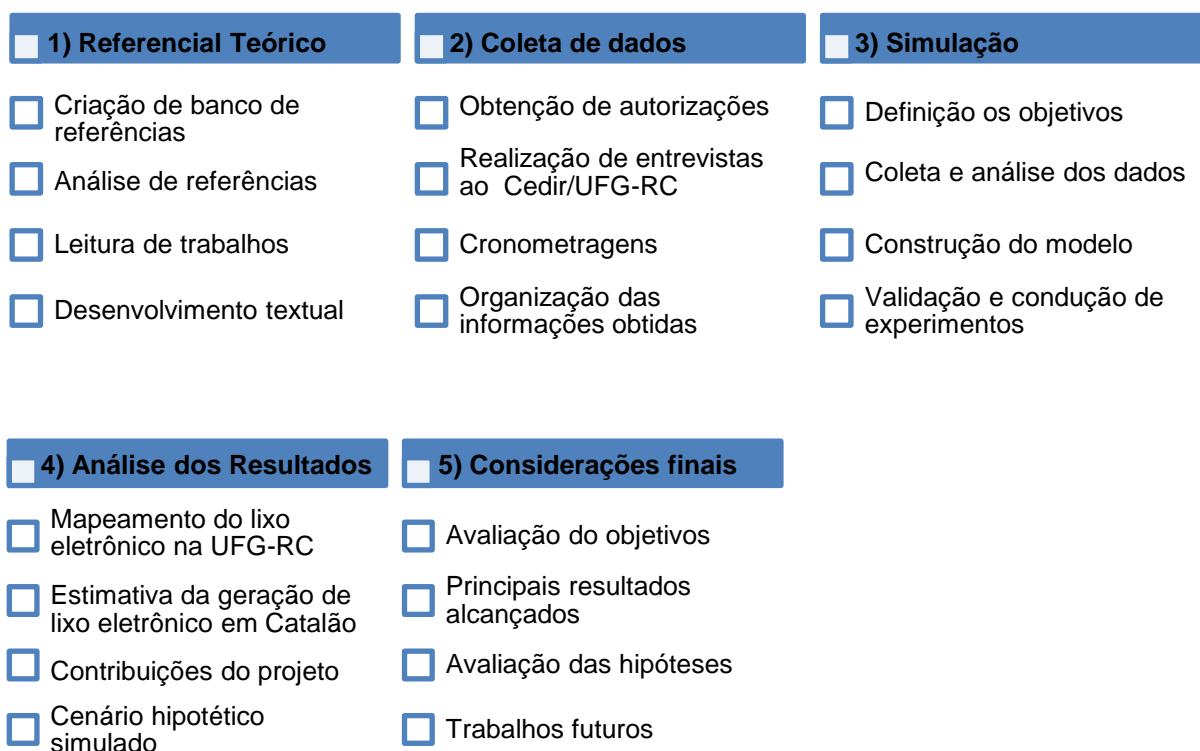


Figura 7 – Etapas realizadas para execução da pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor

As informações metodológicas aqui descritas visam fornecer subsídios para o entendimento do presente estudo. Com base nisso e objetivando a criação de um cenário de Centro de descarte em uma universidade, levantou-se a literatura associada para a pesquisa no Capítulo 2. A proposta e resultados alcançados foram salientados no Capítulo 4.

CAPÍTULO 4

PROPOSTA E RESULTADOS ALCANÇADOS

Diante do aumento da produção e descarte de resíduos tecnológicos e sabendo que as universidades possuem o legado de incentivar práticas sustentáveis à comunidade, pretende-se investigar se a implantação de um Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico de informática é uma ação efetiva para o alcance de universidades sustentáveis. Dessa forma, a proposição de um Centro de descarte e reuso de lixo eletrônico em uma universidade pode estimular a captação de resíduos de informática que, em contato com o solo, causam problemas ambientais e riscos à saúde humana local. Nesse contexto, as seções subsequentes defendem a proposta.

4.1 Mapeamento de lixo eletrônico na Universidade Federal de Goiás, regional Catalão

Segundo informações coletadas por meio de roteiros semiestruturados aplicados ao DPAME e CERCOMP, as principais sucatas eletrônicas na IES são provenientes de recursos de informática, como, por exemplo, impressoras, projetor, CPU, notebook, teclado, monitor, mouse, pilhas e baterias. Estes itens possuem vida útil na universidade, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Tempos aproximados da vida útil de recursos tecnológicos

Item	Informado (anos)
1- Monitor	10 -15
2- Teclado	6
3- CPU	10 -15
4- Mouse	6
5- Notebook	5 -10
6- Telefone	15

7- Estabilizador	5
8- Impressora	8
9- Switch	10
10- Bateria/ Pilha	1
11- Nobreaks	5
12- Outros especificar	-

Fonte: Dados da pesquisa/CERCOMP

No CERCOMP é feita a relação manual (guia) do que está com defeito (fins contáveis) e encaminhado para o DPAME. A sucata do campus é coletada pelo órgão no dia de envio e encaminhada ao departamento de descarte da Universidade Federal de Goiás, regional Goiânia e posteriormente para a empresa de reciclagem conveniada.

Durante o período anterior ao envio, as sucatas ficam estocadas nos departamentos da universidade, aguardando acumular demanda. Ressalta-se que atualmente não existe um programa de incentivo ao descarte consciente de lixo eletrônico na universidade. Entretanto, segundo entrevistas, um programa existiu durante 2011 e 2014, exclusivamente para o descarte de pilhas e baterias. Observa-se que até o momento da realização desta pesquisa, ainda existe um posto coletor com essa finalidade em frente ao CERCOMP.

Com base no exposto acima, o relatório de inservíveis de informática fornecidos pelo DPAME apresentou o tempo de estocagem anual médio, como mostrado na Figura 8.

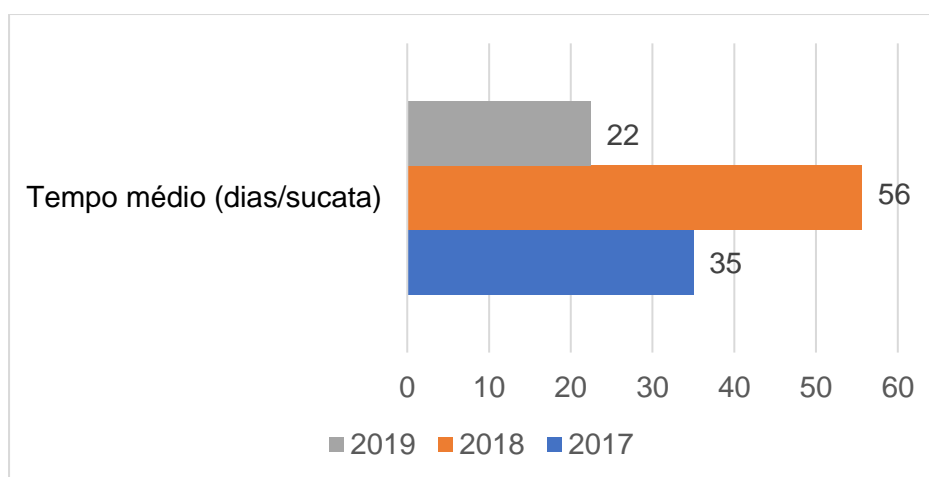


Figura 8 – Tempo médio de estocagem de sucata no campus
Fonte: Elaborado pelo autor

Salienta-se que foram analisados dados de descarte a partir de 2017, em virtude de troca de sistema pelo DPAME e ausência de informações anteriores. Dessa forma, analisou-se um total de 230 inservíveis (relatório gerado em 13 de setembro de 2019, em função dos tempos

hábeis de execução da pesquisa) que poderiam ser destinados ao Centro de descarte proposto (recursos de informática e afins, semelhante ao CEDIR/SP), como mostrado na Figura 9.

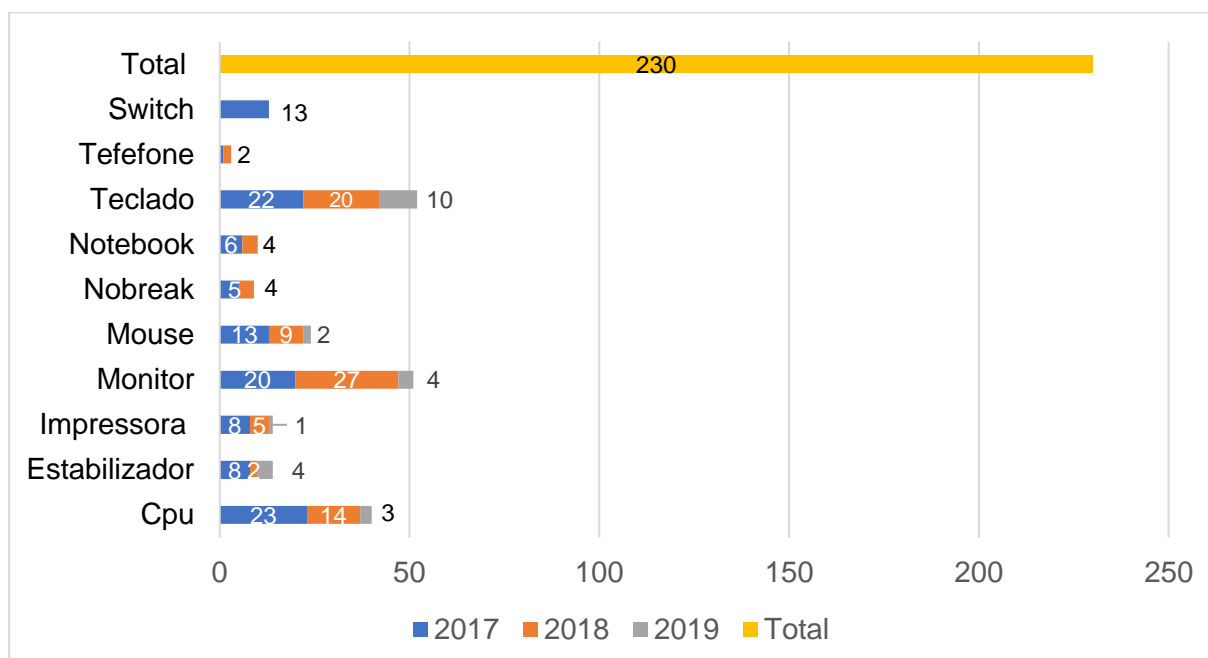


Figura 9 – Inservíveis de informática e afins gerados na Universidade
Fonte: Elaborado pelo autor

Salienta-se que itens cadastrados no relatório de inservíveis, como desktop e microcomputadores, foram entregues ao DPAME (Monitor, CPU, Teclado e Mouse) por não haver referencias completas. Dessa forma, tem-se na Tabela 2 a comparação anual e mensal dos dados obtidos.

Tabela 2 – Comparação mensal e anual da geração inservíveis na Universidade

Ano/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total anual
2017					3	5		81		27	1	2	119
2018	15	6		4		3	41	1	12	4	1		87
2019	5	7	5	1	1	5							24
Total	20	13	5	5	4	13	41	82	12	31	2	2	230

Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se que o descarte se inicia em maio de 2017, passando pelos meses de junho, agosto (maior descarte registrado), outubro, novembro e dezembro. Os descartes de 2018, iniciam em janeiro e também são realizados em fevereiro, abril, junho, julho (segundo maior descarte registrado), agosto, setembro, outubro e novembro. Os registros de 2019 mostram que

foram descartadas pequenas quantidades de sucata no primeiro semestre do ano (informações obtidas até setembro), variando entre 1 e 7 itens.

A comparação anual das informações disponíveis mostra que o ano com maior descarte foi 2017, com envio para Goiânia de 119 itens inseríveis (81 sucatas apenas em agosto) com média mensal de geração nesse ano de 10 itens. No ano 2018 foram descartados 87 itens e em média 7 itens por mês; e 2019 foi de 24 itens (até setembro). Os maiores descartes ocorreram no terceiro trimestre de 2017 e 2018, meses associados a férias letivas ou início de semestre. O terceiro maior descarte ocorreu em outubro de 2017, totalizando 27 unidades.

A queda no descarte pode estar associada a situação de recessão econômica do país, ao corte de verbas para as instituições federais e consequente a falta de recursos orçamentários para comprar itens de informática ou afins. Nesse sentido, observou-se em entrevistas com o CERCOMP e DPAME que itens ociosos, reutilizáveis ou com possibilidade de conserto viável podem ser entregues aos órgãos e destinados a outros departamentos internos ou mesmo reutilizado no departamento de origem, conforme necessidade.

O descarte dos itens mencionados durante os anos 2017, 2018 até setembro de 2019, pode ser verificada por departamentos da UFG, campus Catalão no Quadro 4.

Quadro 4 – Sucata de informática gerada por departamentos da Universidade

Departamentos	2017	2018	2019	Total descartado
Coord. Assunt. Comunid. Univ.		1		1
Coord. de Adm e Finanças		1	3	4
Coord. de Desenv. Inst. e Rh	1	1		2
Coord. de Extensão e Cultura			1	1
Coord. de Graduação		14		14
Regional Catalão	73	37	11	121
UAE de Engenharia	6	5	1	12
UAE Gestão de Negócios	2			2
Unid. Acad. Esp. Hist. E Ciências sociais	5	1	4	10
Unid. Acad. Esp. Letras e Linguística	5	2		7
Unid. Acad. Esp. Matemática e Tecnologia	5	9	1	15
Unid. Acad. Esp. Química		1		1
Unid. Acad. Esp/Biotecnologia	5	7	3	15
Unid. Acad. Esp/Geografia	17	8		25
Total Geral	119	87	24	230

Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser observado acima, o departamento que mais descartou inservíveis foi o departamento administrativo da UFG, cadastrado no sistema do DPAME como “Regional

Catalão”. Segundo informações coletadas, esse departamento é formado por departamentos menores que não possuem, ou possuíam Centro de custo até o momento de descarte como, por exemplo, biblioteca, editora, entre outros.

Em segundo lugar no total acumulado dos anos analisados, ficou a Unidade Acadêmica do curso de Geografia, seguido da Unidade acadêmica de Matemática e Biotecnologia. Nesse âmbito, analisando o descarte expressivo do departamento administrativo durante o período, observa-se na Tabela 3 que foram declarados como sucata 22 CPUs, 22 Monitores, 19 teclados, entre outros, totalizando 121 itens. Esse descarte é quase cinco vezes maior do que a quantidade descartada pela Unidade Acadêmica de Geografia.

Tabela 3 – Sucatas geradas por Depart. “Regional Catalão” (2017-2019)

Inservível	Quantidade
CPU	22
Estabilizador	7
Impressora	10
Monitor	22
Mouse	11
Nobreak	6
Notebook	9
Switch	13
Teclado	19
Telefone	2
Total Geral	121

Fonte: Dados da pesquisa

Infere-se pela limitação dos dados disponíveis (apenas dos últimos anos) que a demanda interna (ativos inservíveis da universidade) é pequena e portanto, deve incorporar sucatas eletrônicas provenientes da comunidade local e universitária (discente, docente, servidores e terceirados) na proposição de um Centro de descarte de lixo eletrônico.

A incorporação de demandas externas estaria restringida a capacidade do Centro de descarte e reuso proposta neste estudo, estimada em 100 m² pelo DPAME, através de roteiro semiestruturado. A fim de estabelecer uma estimativa da demanda da comunidade universitária e local, elaborou-se a seção 4.2.

4.2 Geração de lixo eletrônico no município de Catalão - GO

O município de Catalão, presente no estado de Goiás, possui uma população estimada em 2019 de 108.823 pessoas. Em 2017, o salário médio mensal proveniente de trabalho formal era de 2.7 salários mínimos, totalizando um total de 26.7% de pessoas ocupadas em relação a população total (IBGE, 2019).

O PIB per capita da cidade foi de R\$ 58.559,74 em 2016, estando na 198ª em relação aos 5570 municípios do país, 18ª dos 246 municípios goianos e em terceiro lugar, ao se comparar com as onze cidades da microrregião (IBGE, 2019).

Em contraponto a análise da dimensão econômica da cidade, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Catalão do último censo foi de 0,766, ocupando a 274ª, em relação ao total de municípios brasileiros. Essas informações possibilitam inferir renda, educação e saúde da população e como consequência, a qualidade de vida, padrão de consumo e acesso a serviços públicos (IBGE, 2019; PNUD, 2019).

No que se refere a números de descarte de itens de informática, não foi identificado projetos de coleta de lixo eletrônico ou dados sobre esse resíduo na cidade. No entanto, Baldé et al. (2017), propõem que a taxa estimada de geração de lixo eletrônico per capita no mundo em 2020 é de 6,75kg. Por falta de referências do descarte desse resíduo na cidade, realizou-se uma estimativa da geração de lixo eletrônico de informática.

Nesse âmbito, salienta-se que a comunidade universitária da UFG, regional Catalão é estimada em 3200 discentes, 328 docentes, 116 servidores e 138 terceirizados (UFG, 2019). Ao mesmo tempo, observa-se que o peso médio de um computador completo (monitor, CPU, teclado e mouse) é cerca de 7 kg (obtido com base em especificações técnicas de site de venda). Como resultado, temos o equivalente em unidade de computadores completos (sucata) gerados por dia pela comunidade local (município) e universitária.

Desta forma, com base nas especificações de Baldé et al. (2017), a comunidade universitária gera em torno de 70 kg por dia de lixo eletrônico. Isso corresponde a 10 computadores completos por dia gerados (sucata). De forma semelhante, temos que a população de Catalão (estimada para 2019 em 108.823 pessoas) gera em torno de 2012 kg por dia, isto é, 287 computadores completos (sucata) por dia.

As estimativas são bastante elevadas, sobretudo da comunidade local e refletem a importância de adoção de práticas sustentáveis e o desenvolvimento da consciência ambiental sobre esse tipo de resíduo, ainda não identificado na universidade e nem no município. Nesse sentido, é identificado na literatura científica que apenas 17% do lixo eletrônico é coletado e destinado de forma adequada no continente americano (BALDÉ et al., 2017).

4.3 Contribuições do projeto

Para defender a implantação de um Centro de descarte, listou-se as principais contribuições identificadas em projetos como esse (CEDIR-USP e CRC), abrangendo os níveis ambiental, social, econômico e cultural. As informações estão descritas no Quadro 5, 6, 7 e 8 com a utilização de um identificador (ID) de cada ação sustentável contemplada.

Quadro 5 – Ganhos obtidos no nível ambiental

Nível ambiental	
ID	Descrição
I1	Controle de inservíveis de informática da Universidade;
I2	Reaproveitamento de itens de informática (interno, recebido por doações ou descarte);
I3	Estímulo a logística reversa, possibilitando o descarte sustentável e consciente;
I4	Desenvolvimento e mobilização de parcerias público-privadas (PPP);
I5	Inserção de pontos de coleta de lixo eletrônico de informática em áreas de maior visibilidade e circulação de pessoas da Universidade;
I6	Ampliação da consciência ambiental da comunidade universitária e local sobre o descarte de lixo eletrônico;
I7	Possível redução da quantidade de inservíveis de informática estocados em departamentos da Universidade;
I8	Possível queda na quantidade de lixo eletrônico descartado no lixo comum na cidade de Catalão, evitando problemas ambientais e doenças;
I9	Redução do tempo de espera (estocagem) de inservíveis da Universidade Federal de Goiás, regional Catalão até envio para unidade Goiânia;
I10	Armazenagem e destinação adequada do lixo eletrônico de informática recebido;
I11	Possibilidade de desenvolvimento de um comitê ambiental interno, responsável pelas causas ambientais como pelo lixo gerado e afins na Universidade;
I12	Estímulo a pesquisa, ensino e extensão realizada no campus, no sentido de promover a inclusão da sociedade em temáticas ambientais;
I13	Elaboração de diretrizes e processos que minimizem a burocracia institucional relativo a inservíveis;
I14	Estímulo a empresas ou localidades goianas que possuam problema com a geração de lixo eletrônico e que queiram desenvolver ou ampliar ações verdes nos seus processos.

Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 6 – Ganhos obtidos no nível social

Nível social	
ID	Descrição
I1	Empréstimo de itens de informática, remanufaturados ou possível de reutilização recebidos no Centro proposto, a projetos sociais;
I2	Destinação de itens de informática a departamentos da própria Universidade, mediante necessidades não atendidas via orçamento anual;
I3	Palestras e minicursos de conscientização sobre o descarte de lixo eletrônico para a comunidade universitária e local;
I4	Estabelecimento de vínculo a Universidades, ONGs, microempresas e prefeituras, a fim de divulgar o projeto, desenvolver parceiras e promover a consciência ambiental;

15	O Centro poderá fornecer treinamento a catadores do Aterro de Catalão sobre o descarte de lixo eletrônico, bem como a extração de materiais rentáveis como plástico, vidro, placas e metais;
16	Funcionários do Centro, alunos do curso Ciências da computação e voluntários, mediante projeto de extensão, podem oferecer cursos de informática e a introdução a consciência ambiental voltado a lixo eletrônico a pessoas interessadas;
17	Distribuição de cartilhas e folders de conscientização na universidade e eventos;
18	Incentivo a entrega de material eletrônico de informática, pela oferta de brindes e sorteios mantidos pelas parcerias público-privadas (PPP).

Fonte: Dados da pesquisa

Salienta-se que o projeto deve buscar parcerias com a prefeitura, empresas de reciclagem e demais pessoas físicas e jurídicas interessadas para manter viabilidade de funcionamento. Receitas podem ser obtidas, como mostrado no Quadro 7.

Quadro 7 – Ganhos obtidos no nível econômico

Nível Econômico	
ID	Descrição
I1	Venda de sucata a empresas de reciclagem;
I2	Venda de peças de itens de informática a pessoas físicas e empresas de manutenção de computadores.

Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 8 – Ganhos obtidos no nível cultural

Nível Cultural	
ID	Descrição
I1	Criação de oficinas de artesanato com sucata eletrônica na Universidade e/ou destinação desses resíduos a projetos sociais que trabalham com artesanato, mediante parcerias;
I2	Destinação de materiais de informática de tipologia tradicional ao Museu da cidade;
I3	Exposição do artesanato em eventos da Universidade e de parcerias;
I4	Desenvolvimento de orquestra musical de sucatas como projeto de extensão (ORQUESTRA DE SUCATA, 2019).

Fonte: Dados da pesquisa

4.4 Cenário hipotético

O espaço para implantação do Centro de descarte e reuso foi definido em entrevista com o DPAME como sendo de 100 m². A área construída estaria localizada no campus II e poderia receber inservíveis da universidade, comunidade universitária e local (município), conforme limitações da capacidade interna e agendamentos (para grandes quantidades de sucata).

De acordo com entrevistas, o Custo Unitário Básico de Construção (CUB/m²) de um galpão padrão industrial seria de R\$ 3500,00. Por estimativa, conclui-se que o Centro de

descarte teria custo de pelo menos R\$ 350.000,00, excetuando o custo de mão de obra. A Figura 10 mostra o Centro de descarte e reuso proposto.



Figura 10 – Centro de descarte e reuso da Universidade Federal de Goiás
Fonte: Dados da pesquisa

Como pode ser observado na Figura 11, o Centro proposto possui área de recepção, triagem, área de estocagem de sucata (pelos menos 12 paletes, 1 prateleira e 3 caixas de plástico) e banheiro. O *layout* interno foi desenvolvido observando a dinâmica operacional, atribuindo espaço para passagem de pessoas e de equipamento. Sugere-se que itens que possuem maior demanda fiquem próximos ao portão de saída para facilitar o escoamento e reduzir esforços.



Figura 11– Vista superior do Centro de descarte e reuso
Fonte: Dados da pesquisa

Segundo informações obtidas com o CEDIR-USP, é possível estocar pelo menos 20 monitores por paletes (1,20m x 1,20m), se esses itens estiverem amarrados com um fio de PVC. No entanto, esses itens também podem ser estocados no chão, de forma empilhada. De forma semelhante, também é possível estocar pelo menos 40 CPUs por paletes (1,20 m x 1,20m), a depender da necessidade e altura do galpão.

4.5 Considerações sobre o modelo de simulação desenvolvido

O cenário do funcionamento do Centro de descarte de lixo eletrônico foi elaborado baseando-se em informações publicadas e entrevistas com um representante do CEDIR-USP. Desta forma, os processos essenciais como estocagem inicial, desmonte e destinação (reutilização, remanufatura, retirada de peças e envio para reciclagem) foram definidos.

A modelagem no software de simulação baseou-se nas etapas de Harrell, Ghosh e Bowden (2011). Para fins de demonstração, considerou-se apenas os inservíveis mais frequentes na Universidade, proveniente de recursos de informática (monitor, CPU, teclado ou mouse). Com auxílio da técnica IDEF-SIM, elaborou-se o modelo conceitual e computacional deste estudo.

Ressalta-se que os monitores e CPUs passam por processos semelhantes. No Centro,

essas sucatas podem ter peças retiradas para venda ou reparo (conforme tempo médio calculado na Tabela 5). As peças para reparo são estocadas e depois enviadas ao departamento de manutenção para remanufatura de algum monitor ou CPU.

Monitores e CPUs com possibilidade de remanufatura, podem ser consertados no departamento de manutenção, se houver peça necessária estocada no Centro (resultado da retirada de peças de sucata). Porém, os teclados e mouses recolhidos são estocados inicialmente e depois são separados conforme resposta a características básicas de funcionamento (para reutilização ou reciclagem). Assim, o modelo conceitual foi desenvolvido, como mostrado na Figura 12 e legenda na Tabela 4.

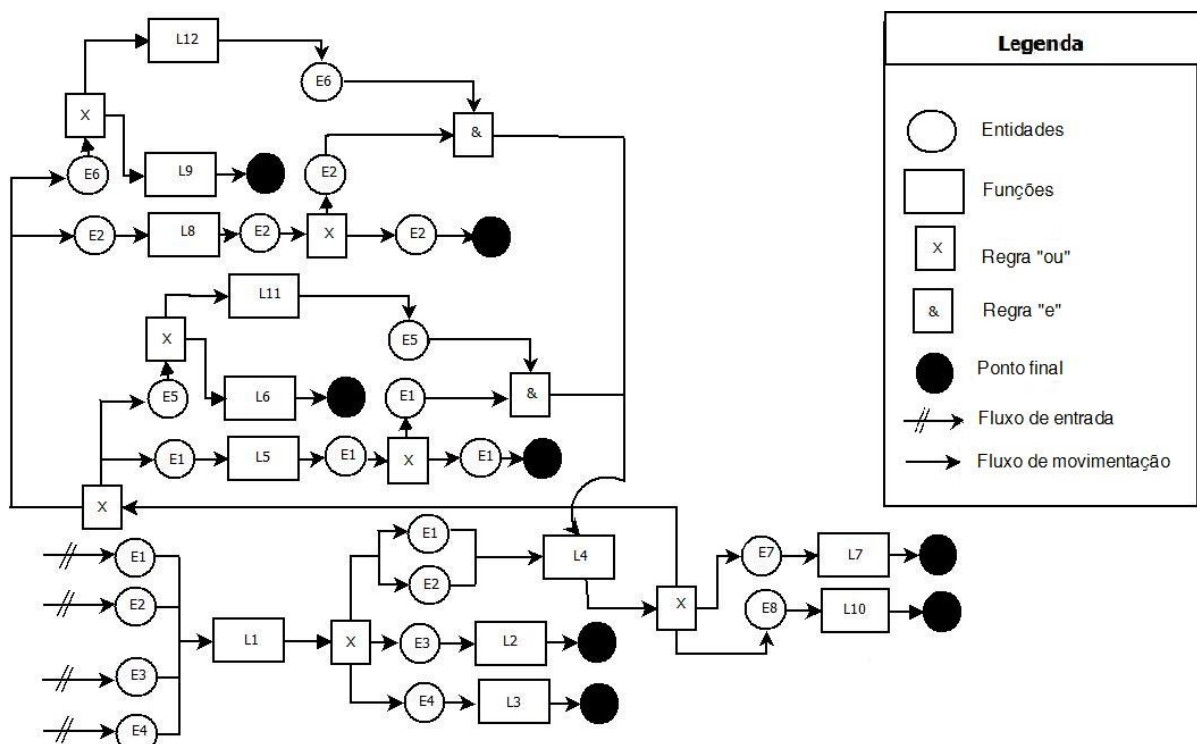


Figura 12 – Modelo conceitual desenvolvido em IDEF-SIM
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4 – Legenda do diagrama IDEF - SIM

Sigla	Descrição
E1	Entidade monitor
E2	Entidade CPU
E3	Entidade teclado
E4	Entidade mouse
E5	Peças de monitor
E6	Peças de CPU
E7	Monitor reparado
E8	CPU reparado
L1	Estoque inicial

L2	Estoque de teclado (reciclagem e reutilização)
L3	Estoque de mouse (reciclagem e reutilização)
L4	Departamento de manutenção
L5	Estoque de monitor (reciclagem, reutilização e remanufatura)
L6	Estoque de peças monitor para venda
L7	Estoque de monitor remanufaturado
L8	Estoque de CPU (reciclagem, reutilização e remanufatura)
L9	Estoque de peças de CPU para venda
L10	Estoque de CPU remanufaturado
L11	Estoque de peças de monitor para remanufatura
L12	Estoque de peças de CPU para remanufatura

Fonte: Elaborado pelo autor

O modelo conceitual foi validado por meio de entrevistas realizadas com um representante do CEDIR-USP (HARREL et al. 1996; CHWIF; MEDINA, 2007). Ao mesmo tempo, foi realizado execuções pilotos e o rastreamento das entidades durante a simulação, para verificar a adequabilidade do sistema criado.

Salienta-se que os dados coletados (demandas) para elaboração deste modelo basearam-se no relatório de inservíveis da Universidade Federal de Goiás, regional Catalão e na estimativa da geração da comunidade local, dada da seção 4.2. As demais informações, como dinâmica do processo e quantidade possível de estocagem de monitores e CPUs em paletes, foram obtidas por roteiro semiestruturado aplicado a um representante do CEDIR-USP.

No cenário criado é possível colocar pelo menos 12 paletes de 1,20 m x 1,20 m dentro do galpão. Portanto, pode-se colocar pelo menos 20 monitores por palete e 40 CPUs por palete, a depender da altura máxima e objetivos da estocagem.

Para obtenção do tempo médio de desmonte (retirar peças), utilizou-se a expressão numérica proposta por Penado e Graeml (2007), com grau de confiabilidade de 95% e erro relativo de 5%. Para isso, coletou-se tempo de desmontagem de monitor e CPU em empresa de manutenção de computadores local. Salienta-se que este tempo está associado ao tempo de retirar peças em bom estado, como mostrado na Tabela 5:

Tabela 5 – Obtenção do tempo médio de desmonte

Sucata	1	2	3	4	5	6	7	N	Cronom. Neces. (N)	Tempo médio (min)
Monitor	10,31	9,48	9,72	10,86	10,10	9,33	10,94	5,33	6,00	10,11
CPU	8,82	8,21	8,55	8,94	8,58	7,87	-	3,80	4,00	8,50

Fonte: Dados da pesquisa

Conforme Tabela 5, cronometrou-se sete vezes o tempo de desmontagem do monitor

e seis vezes o de CPU. Em seguida, calculou-se quantidade de cronometragem necessária pela fórmula proposta por Penado e Graeml (2007). Como observado acima, as cronometragens necessárias (N) estavam numericamente abaixo das realizadas e, portanto, foi possível considerar todas as medições para o cálculo do tempo médio para os itens.

No modelo computacional utilizou-se uma distribuição uniforme (menor tempo, maior tempo) baseado nos valores cronometrados (CHWIF; MEDINA, 2007). Esse procedimento foi realizado por não encontrar uma distribuição mais adequada no software *Stat Fit*[®].

Para classificar as sucatas que chegam ao Centro proposto, considerou-se hipoteticamente (em virtude da ausência de informações) porcentagem fixas para destinar sucatas entrantes para remanufatura, reutilização, peças e reciclagem, como mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Porcentagem de destinação da sucata no Centro

Inservíveis	Remanufatura	Reutilização	Peças	Reciclagem	Total (%)
Monitor	25	25	25	25	100
CPU	25	25	25	25	100
Teclado	-	50	-	50	100
Mouse	-	50	-	50	100

Fonte: Dados da pesquisa

Como observou-se nas seções anteriores, o monitor e CPU são os itens mais frequentes no campus. Com a proposição de um Centro de descarte e reuso, estes itens podem ser remanufaturados, reutilizados, ter peças extraídas ou até mesmo ser considerado sucata para envio a reciclagem. De forma semelhante, salienta-se que teclado e mouse são itens de informática normalmente descartáveis. Porém, estes podem ser entregues em bom estado, podendo ser reutilizados ou mesmo recolhidos para destinação correta.

Já a capacidade dos locais criados na simulação foi definida com base nas quantidades de paletes (dos 12, seis foram atribuídos a monitores, cinco a CPUs e um ou espaço equivalente para armazenar mouse e teclados). Os 6 paletes, isto é, capacidade de 120 monitores foram divididos em quatro estoques com 30 unidades cada: estoque inicial, monitores para remanufatura, reciclagem e reutilização. Da mesma forma, esse procedimento foi realizado para CPU. Neste caso, cinco paletes de CPU equivalem a 200 unidades e em termos de estoque, isto consiste em estoques menores de 50 sucatas: estoque inicial, CPUs para remanufatura, reciclagem e reutilização.

Com base nessas informações, simulou-se separadamente o modelo computacional apenas com dados (inservíveis da UFG-RC) de 2017 e 2018. Depois simulou-se esses dois anos incluindo a estimativa da geração da comunidade local, dada na seção 4.2. Salienta-se que estes anos foram escolhidos por finalidade demonstrativa e devido a maior quantidade

de dados recolhidos pelo DPAME. Assim, o tempo de simulação para 2017 e 2018 foi escolhido como 220 e 279 dias respectivamente (diferença entre a última e primeira data de entrega de inservível no ano). Para execução dos quatro cenários, foram necessárias 220 replicações para validar estatisticamente as informações obtidas.

4.5.1 Resultados da simulação

O modelo computacional foi elaborado com base no modelo conceitual criado pela técnica IDEF-SIM. Cabe ressaltar que o modelo é considerado um sistema terminal, onde o tempo de simulação e condições iniciais são fixos, objetivando compreender a dinâmica de funcionamento do Centro proposto (HARRELL; GHOSH; BOWDEN, 2011).

Para considerar a exatidão dos dados obtidos, utilizou-se 220 replicações para os quatro cenários, onde apresentou valores de intervalo de confiança de 95% e semi-intervalos de confiança (*half-width*) menores que 15% das médias amostrais. Como resultado, encontrou-se as quantidades médias, mínimas, máximas, desvio padrão e o semi-intervalo de confiança (*half-width*) relativo as entradas e capacidade do Centro durante o período analisado, como mostrado na Tabela 7 a 14.

Se houvesse o Centro de descarte proposto na Universidade no ano de 2017, baseando-se em sucatas geradas pelo seu patrimônio, seria possível recuperar em média 3,51 monitores (com desvio padrão de 1,12), no mínimo 1 e no máximo 7 durante o período de 220 dias (diferença em dias da primeira entrega de sucata do ano e a última no DPAME). Também se observa que o cálculo do *half-width* está adequado pois é menor que 15% da média amostral. Esses resultados podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7 – Quantidade de itens de informática recuperados no Centro

Ativos de informática	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Half-width
Monitor possível de ser reparado	3,51	1	7,00	1,12	0,15
Monitor para reutilização	4,92	0,00	11,00	1,98	0,27
Peças para monitor (venda)	2,34	0,00	7,00	1,49	0,20
Sucata de monitor	5,03	1,00	10,00	1,93	0,26
CPU possível de ser reparado	4,07	1,00	8,00	1,19	0,16
CPU para reutilização	5,42	1,00	11,00	1,98	0,27
Peças de CPU (venda)	2,85	0,00	7,00	1,56	0,20
Sucata de CPU	6,08	1,00	13,00	2,05	0,27
Teclado para reutilização	11,15	4,00	17,00	2,47	0,33
Sucata de teclado	10,85	5,00	18,00	2,47	0,33
Mouse para reutilização	6,51	2,00	11,00	1,86	0,25
Sucata de mouse	6,49	2,00	11,00	1,86	0,24

Fonte: Dados da pesquisa (Dados 2017)

Neste cenário, observa-se pela Tabela 8 que o Centro recebendo sucatas geradas

apenas pelo seu patrimônio ficaria subutilizado. Os estoques de CPU para reciclagem, por exemplo, ficariam com utilização média abaixo de 6% no período de 220 dias. O local de montagem de CPU e monitor teria uma utilização média abaixo de 22%.

Tabela 8 – Locais mais utilizados do Centro

Locais	Média (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Desvio Padrão (%)	Half-width
CPU para reciclagem	5,70	0,95	11,83	1,97	0,26
CPU para reutilização	4,92	0,98	11,15	1,89	0,25
Monitor para reciclagem	6,33	1,59	13,05	2,55	0,34
Monitor para reutilização	6,10	0,00	14,52	2,65	0,35
Montagem CPU	21,91	0,00	50,00	13,66	1,82
Montagem monitor	12,26	0,00	25,00	6,85	0,91

Fonte: Dados da pesquisa (Dados 2017).

De modo semelhante, se houvesse o Centro de descarte proposto no ano de 2018 na Universidade, considerando apenas seus inservíveis proveniente do patrimônio, os resultados de ativos recuperados seriam equivalentes aos mostrados na Tabela 9. Neste caso, observa-se que o período é de 279 dias. Como observado, seria possível recuperar em média 4,75 monitores (e no máximo 8), encaminhar em torno de 6 monitores reutilizáveis (e no máximo 13) para departamentos da Universidade ou mesmo projetos sociais. Destinar corretamente em média 6,88 (e no máximo 14 monitores) para a reciclagem especializada.

Tabela 9 – Quantidade de itens de informática recuperados no Centro

Ativos de informática	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Half-width
Monitor possível de ser reparado	4,75	1,00	8,00	1,33	0,18
Monitor para reutilização	6,52	2,00	13,00	2,04	0,27
Peças para monitor (venda)	3,55	0,00	10,00	1,81	0,24
Sucata de monitor	6,88	1,00	14,00	2,10	0,28
CPU possível de ser reparado	2,36	0,00	5,00	1,00	0,14
CPU para reutilização	3,35	0,00	9,00	1,65	0,22
Peças de CPU (venda)	1,75	0,00	6,00	1,24	0,16
Sucata de CPU	3,54	0,00	8,00	1,78	0,23
Teclado para reutilização	9,90	5,00	16,00	2,26	0,30
Sucata de teclado	10,10	4,00	15,00	2,26	0,30
Mouse para reutilização	4,62	1,00	8,00	1,45	0,20
Sucata de mouse	4,38	1,00	8,00	1,45	0,19

Fonte: Dados da pesquisa (Dados 2018).

Neste novo cenário, também se observa pela Tabela 9 e 10 que o Centro recebendo sucata geradas pelo seu patrimônio no ano de 2018 ficaria subutilizado.

Tabela 10 – Locais mais utilizados do Centro

Locais	Média (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Desvio Padrão (%)	Half-width
CPU para reciclagem	3,06	0,00	9,43	1,81	0,24
CPU para reutilização	2,96	0,00	9,13	1,72	0,23
Monitor para reciclagem	10,83	0,74	21,58	3,87	0,52
Monitor para reutilização	10,47	2,00	22,34	3,84	0,51
Montagem CPU	23,13	0,00	50,00	12,97	1,72
Montagem monitor	25,01	0,00	50,00	13,50	1,79

Fonte: Dados da pesquisa (Dados 2018).

Destaca-se que em ambos casos (anos 2017 e 2018) ocorre uma subutilização do espaço de 100 m² durante o período de análise, visto que é possível utilizar aproximadamente 12 paletes (20 monitores por paleta e 40 CPUs por paleta). Também se salienta que não é possível comparar estes dois cenários, visto que o tempo em dias (tempo de simulação) é diferente.

Nesse sentido, em função da baixa geração de sucatas na regional (ativos inservíveis), defende-se a incorporação de lixo de eletrônico de informática gerado pela comunidade local (município).

Para analisar esse novo cenário, definiu-se o fluxo de entrada no Centro como a estimativa diária calculada na seção 4.2, isto é, 287 desktops (Monitor, CPU, teclado e mouse) mais as sucatas geradas pelo patrimônio da Universidade para ambos anos. Os resultados podem ser observados na Tabela 11, 12 e 13 e 14.

No cenário de 2017 (inservíveis e estimativa da comunidade local), tem-se que em 220 dias seria possível reparar em média 23 monitores (e no máximo 37) e em média 54 CPUs; encaminhar para reciclagem em média 30 monitores e 68 CPUs. Já os mouses e teclados, se entregues ao Centro, podem representar um número expressivo durante o período analisado devido ao seu baixo volume e facilidade de armazenamento. Porém, salienta-se que esses dois ativos são normalmente descartados no lixo comum segundo entrevistas. Os resultados deste cenário podem ser verificados na Tabela 11 e 12.

Tabela 11 – Itens de informática recuperados no Centro

Ativos de informática	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Half-width
Monitor possível de ser reparado	23,94	12,00	37,00	4,54	0,60
Monitor para reutilização	29,28	9,00	50,00	8,05	1,07
Peças para monitor (venda)	20,13	8,00	30,00	3,66	0,49
Sucata de monitor	30,00	9,00	55,00	8,49	1,13
CPU possível de ser reparado	54,50	24,00	210,00	32,39	4,30
CPU para reutilização	66,50	29,00	280,00	45,47	6,04
Peças de CPU (venda)	41,54	21,00	142,00	20,30	2,70
Sucata de CPU	68,26	29,00	295,00	46,91	6,23

Fonte: Dados da pesquisa (Dados 2017 e Comunidade local).

Tabela 12 – Locais mais utilizados do Centro

Locais	Média (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Desvio Padrão (%)	Half-width
Estoque monitor	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
Estoque CPU	99,94	99,18	100,00	0,15	0,02
CPU para reciclagem	56,51	0,00	98,00	35,29	4,69
CPU para reutilização	53,90	0,00	98,00	34,80	4,62
Monitor para reciclagem	53,65	0,00	96,67	31,86	4,23
Monitor para reutilização	50,33	0,00	96,67	32,41	4,31
Montagem CPU	25,00	0,03	49,96	24,95	3,32
Montagem monitor	26,14	0,01	49,99	24,96	3,32

Fonte: Dados da pesquisa (Dados 2017 e Comunidade local).

De acordo com a Tabela 11 e 12, observa-se que não seria possível atender toda comunidade local, isto é, toda população estimada de Catalão. O Centro de 100 m² proposto estaria em 220 dias com taxa de utilização próxima ou igual a 100 % (operando no limite). Nesse contexto, um fluxo interno elevado poderia causar dificuldade de estocagem, operação e de retirada dos itens recebidos a responsáveis ou interessados.

Destaca-se que o modelo criado é teórico e que não estão sendo analisados os tempos de recepção, taxas de ociosidade e tempo de movimentação de material. Desta forma, para entregas de material eletrônico que excedam a capacidade de armazenamento e operação, sugere-se a adoção de agendamento prévios, aumento do número de funcionários

terceirizados e desenvolvimento de parcerias PPP, como já é feito no CEDIR-USP.

Já no cenário “inservíveis 2018 e estimativa da comunidade local”, tem-se que em 279 dias seria possível reparar em média 24 monitores (e no máximo 35), reparar em média 51 CPUs, encaminhar para reciclagem em média 30 monitores e 62 CPUs. Já os mouses e teclados, se entregues ao Centro, podem representar um número expressivo durante o período analisado. Porém, salienta-se que esses dois ativos são normalmente descartados no lixo comum segundo entrevistas. Os resultados podem ser verificados na Tabela 13 e 14.

Tabela 13 – Itens de informática recuperados no Centro

Ativos de informática	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Half-width
Monitor possível de ser reparado	24,36	15,00	35,99	3,89	0,52
Monitor para reutilização	29,86	8,00	51,00	7,76	1,03
Peças para monitor (venda)	20,13	11,99	35,97	3,79	0,50
Sucata de monitor	30,06	12,00	61,00	8,30	1,10
CPU possível de ser reparado	51,53	27,00	253,00	32,26	4,29
CPU para reutilização	62,60	26,00	357,00	45,19	6,01
Peças de CPU (venda)	39,41	19,00	169,00	20,58	2,74
Sucata de CPU	62,71	25,00	351,00	45,52	6,05

Fonte: Dados da pesquisa (Dados 2018 e Comunidade local)

Nesse novo cenário (Tabela 13), também se observa que não seria possível atender toda comunidade local, isto é, toda população estimada de Catalão. O Centro de 100 m² proposto estaria em 279 dias com taxa de utilização próxima ou igual a 100 %, conforme mostrado na Tabela 14.

Tabela 14 – Locais mais utilizados do Centro

Locais	Média (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Desvio Padrão (%)	Half-width
Estoque monitor	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
Estoque CPU	99,96	99,02	100,00	0,13	0,02
CPU para reciclagem	52,69	0,00	98,00	36,47	4,85
CPU para reutilização	54,75	0,00	98,00	36,27	4,82

Monitor para reciclagem	50,65	0,00	96,67	31,84	4,23
Monitor para reutilização	49,55	0,00	96,67	33,19	4,41
Montagem CPU	23,19	0,02	49,98	24,92	3,31
Montagem monitor	22,73	0,01	49,99	24,90	3,31

Fonte: Dados da pesquisa (Dados 2018 e Comunidade local)

Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as considerações finais desse estudo.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse capítulo mostra as considerações finais desta pesquisa. Para isso, na seção 5.1, é avaliado os objetivos propostos e principais resultados encontrados; na seção 5.2 é feito a avaliação da hipótese e a sugestão de trabalhos futuros.

5.1 Avaliação dos objetivos e principais resultados encontrados

A legislação ambiental e patrimonial foi verificada para compreender o desfazimento de material no âmbito da administração pública. Ao mesmo tempo, identificou-se iniciativas em instituições federais brasileiras, voltadas ao descarte de lixo eletrônico.

Com a identificação de modelos preexistentes (CEDIR-USP e CRC) foi possível coletar informações públicas e outras, por roteiros semiestruturados. Também foi realizado o mapeamento dos inservíveis gerados na Universidade Federal de Goiás, regional Catalão e assim, desenvolveu-se o modelo computacional do Centro de descarte para o campus.

Nesse sentido, até o momento da realização deste estudo, não foi identificado projetos de coleta de lixo eletrônico ou dados sobre esse resíduo no município. Porém, estima-se que a comunidade universitária gera 70 kg de lixo eletrônico por dia, enquanto o município 2012 kg. Assim, infere-se que a demanda para o descarte é existente e pode ser atendida pela proposta de forma parcial.

Com a execução do projeto, os principais resultados obtidos permeiam contribuições no nível social, ambiental, econômico e cultural, tendo como implicação direta:

- Conscientização dos *stakeholders* sobre os riscos à saúde pública e a qualidade ambiental que os resíduos causam em contato direto com o solo.
- Valorização da indústria de reciclagem local e capacitação de catadores, mediante parcerias, como palestras e minicursos. Estes podem ser instruídos a como reaproveitar o material eletrônico via desmonte, para retirada de metal, plástico, placas, cabos, vidro, entre outros.

- Estabelecimento de pontos de coleta credenciados ao Centro proposto, para destinação sustentável, evitando que esses resíduos fiquem estocados nas residências, empresas, instituições e indústrias.
- Obtenção de receitas pela venda de sucata e peças para empresas de informática, na mesma proporção do volume entrante e número de funcionários disponíveis.
- Estímulo ao ensino, pesquisa e extensão por temas associados a geração de lixo eletrônico.
- Redução do número de equipamentos eletrônicos (informática e telefonia) enviados a aterros, pelo descarte desses resíduos juntamente ao lixo comum.
- Suporte a projetos sociais da cidade, pelo empréstimo de itens remanufaturados ou de possível reutilização que atendam suas características básicas de funcionamento.

Ressalta-se que as sucatas recolhidas devem respeitar a capacidade de armazenamento, isto é, ocupar aproximadamente 12 paletes (1,20 m x 1,20 m). Além disso, flutuações na demanda entrante devem ser conciliadas com a adição ou redução de trabalhadores terceirizados. Portanto, o objetivo geral de propor um Centro para descarte e reuso de lixo eletrônico em uma universidade foi alcançado.

Conclui-se que a execução do projeto estimula o desenvolvimento sustentável, a economia circular, o aumento das taxas de coleta do resíduo e o pioneirismo do desfazimento de material em uma IEs, no estado de Goiás. Além disso, pode contribuir como modelo para que demais universidades e empresas recuperem e destinem suas sucatas eletrônicas de forma apropriada. Destaca-se que a implantação e continuidade do projeto será possível através da percepção ambiental da alta administração da universidade, colaboração do público interno e externo da IES, e fundamentalmente pelas parcerias público-privadas (PPP).

5.2 Avaliação da hipótese e recomendação de trabalhos futuros

Salienta-se que o objetivo geral e os objetivos específicos são atendidos, permitindo a análise da hipótese levantada no Capítulo 1, podendo ser corroborada (aprovada) ou refutada (rejeitada).

- Hipótese: Corroborada. Propor um Centro de descarte na Universidade Federal de Goiás, regional Catalão, pode assegurar que resíduos eletrônicos não fiquem dispersos nos departamentos do campus. Segundo o DPAME, os inservíveis ficam nos departamentos aguardando (em média 41 dias) para serem enviados para o Departamento de Materiais e Patrimônio (DMP), da UFG, regional Goiânia. Destaca-se que havendo um Centro de descarte, todos os inservíveis gerados internamente poderiam ter uma tratativa sustentável local, viabilizando a reutilização (interna ou envio a projetos sociais), remanufatura e

reciclagem.

A implantação do modelo proposto deve basear-se nas contribuições identificadas e pela definição dos custos reais de implantação e operação. O custo de implantação foi estimado em pelo menos R\$ 350.000,00 excetuando o custo de mão de obra. Por fim, para a realização de trabalhos futuros recomenda-se:

- Coleta de informações da geração de lixo eletrônico do município para estimar a demanda externa.
- Realizar entrevistas com a comunidade universitária para identificar opiniões sobre a proposta e possíveis quantidades de descarte.
- Levantar a quantidade de ativos de informática e telefonia disponíveis na Universidade, bem como a sua data de compra, para estimar o período de descarte.

REFERÊNCIAS

- AGAMUTHU, P.; KASAPO, Pearson; NORDIN, Nurul Ain Mohd. E-waste flow among selected institutions of higher learning using material flow analysis model. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 105, p. 177-185, 2015.
- AKCIL, Ata et al. Precious metal recovery from waste printed circuit boards using cyanide and non-cyanide lixiviants—a review. **Waste Management**, v. 45, p. 258-271, 2015.
- ALSHUWAIKHAT, Habib M.; ABUBAKAR, Ismaila. An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. **Journal of cleaner production**, v. 16, n. 16, p. 1777-1785, 2008.
- ARDITO, Luca; MORISIO, Maurizio. *Green IT*—Available data and guidelines for reducing energy consumption in IT systems. **Sustainable Computing: Informatics and Systems**, v. 4, n. 1, p. 24-32, 2014.
- ÁVILA, Lucas Veiga et al. Barriers to innovation and sustainability at universities around the world. **Journal of cleaner production**, v. 164, p. 1268-1278, 2017.
- AZZALI, Simona; SABOUR, Eman Abdel. A framework for improving sustainable mobility in higher education campuses: The case study of Qatar University. **Case Studies on Transport Policy**, v. 6, n. 4, p. 603-612, 2018.
- BAI, Chunguang; SARKIS, Joseph. Green information technology strategic justification and evaluation. **Information Systems Frontiers**, v. 15, n. 5, p. 831-847, 2013.
- BAKER-SHELLEY, Alex; VAN ZEIJL-ROZEMA, Annemarie; MARTENS, Pim. A conceptual synthesis of organisational transformation: How to diagnose, and navigate, pathways for sustainability at universities?. **Journal of cleaner production**, v. 145, p. 262-276, 2017.
- BALDÉ, Cornelis P. et al. **The global e-waste monitor 2017: Quantities, flows and resources**. United Nations University, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association, 2017.
- BANDI, Rajendra K.; BOSE, Anik Kumar; SAXENA, Ashay. Exploring *Green IT* Awareness and Adoption among Indian Students. In: **Proceedings of the 2015 ACM SIGMIS Conference on Computers and People Research**. ACM, 2015. p. 87-96.
- BARTH, Matthias; RIECKMANN, Marco. Academic staff development as a catalyst for curriculum change towards education for sustainable development: an output perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 26, p. 28-36, 2012.
- BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, Davi N. Metodologia da pesquisa e a engenharia de produção. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 18, p. 1998, 1998.
- BILAL, Kashif; et al. A taxonomy and survey on Green Data Center Networks. **Future Generation Computer Systems**, v. 36, p. 189-208, 2014.
- BRANNEN, Julia. **Mixing methods: Qualitative and quantitative research**. Routledge, 2017.
- BRASIL. **Decreto Nº 9.373, de 11 de maio de 2018**, Brasília, DF, maio, 2018.
- BRASIL. **Instrução Normativa n. 142, de 26 de julho de 2018**, Brasília, DF, julho, 2018.
- BRASIL. **Instrução normativa Nº 205, de 08 de abr de 1988**, Brasília, DF, abr, 1988.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de ago. de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Brasília, DF, ago, 2010.

BRASIL. Lei Nº 6.938, de 31 de ago. de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**, Brasília, DF, ago, 1981.

BREIVIK, Knut et al. Tracking the global generation and exports of e-waste. Do existing estimates add up?. **Environmental science & technology**, v. 48, n. 15, p. 8735-8743, 2014.

BRUSCA, Isabel; LABRADOR, Margarita; LARRAN, Manuel. The challenge of sustainability and integrated reporting at universities: A case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 347-354, 2018.

BRYMAN, Alan. **Research methods and organization studies**. Routledge, 2003.

BUTLER, Tom. Compliance with institutional imperatives on environmental sustainability: Building theory on the role of Green IS. **The Journal of Strategic Information Systems**, v. 20, n. 1, p. 6-26, 2011.

CARVALHO, Tereza Cristina; XAVIER, Lúcia Helena. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos**. Elsevier, 2014.

CASTKA, Pavel; BALZAROVA, Michaela A. An exploration of interventions in ISO 9001 and ISO 14001 certification context—A multiple case study approach. **Journal of cleaner production**, v. 174, p. 1642-1652, 2018.

CHEN, Chaomei. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. **Journal of the American Society for information Science and Technology**, v. 57, n. 3, p. 359-377, 2006.

CHEN, Chaomei. **CiteSpace: a practical guide for mapping scientific literature**. Nova Science Publishers, Incorporated, 2016.

CHEN, Chaomei; IBEKWE-SANJUAN, Fidelia; HOU, Jianhua. The structure and dynamics of cocitation clusters: A multiple-perspective cocitation analysis. **Journal of the American Society for information Science and Technology**, v. 61, n. 7, p. 1386-1409, 2010.

CHUVIECO, Emilio et al. Factors affecting environmental sustainability habits of university students: Intercomparison analysis in three countries (Spain, Brazil and UAE). **Journal of Cleaner Production**, v. 198, p. 1372-1380, 2018.

CHWIF, L.; MEDINA, A. **Modelagem e simulação de eventos discretos: Teoria e aplicações**. 4 ed. Elsevier Brasil, 2015.

CUCCHIELLA, Federica et al. Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 51, p. 263-272, 2015

DAGILIŪTĖ, Renata; LIObIKIENĖ, Genovaitė; MINELGAITĖ, Audronė. Sustainability at universities: Students' perceptions from Green and Non-Green universities. **Journal of Cleaner Production**, v. 181, p. 473-482, 2018.

DAO, Viet; LANGELLA, Ian; CARBO, Jerry. From green to sustainability: Information Technology and an integrated sustainability framework. **The Journal of Strategic Information Systems**, v. 20, n. 1, p. 63-79, 2011.

DAVIS, Georgina; WOLSKI, Malcolm. E-waste and the sustainable organisation: Griffith University's approach to e-waste. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 10, n. 1, p. 21-32, 2009.

DISTERHEFT, Antje et al. Sustainable universities—a study of critical success factors for participatory approaches. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, p. 11-21, 2015.

DLOUHÁ, Jana; POSPÍŠILOVÁ, Marie. Education for Sustainable Development Goals in

public debate: The importance of participatory research in reflecting and supporting the consultation process in developing a vision for Czech education. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 4314-4327, 2018.

ECOCAMPUS. **EMS Documentation System**. Disponível em :< <https://ecocampus.uk/>>. Acesso em: 20 jan 2019.

FAUCHEUX, Sylvie; NICOLAÏ, Isabelle. IT for green and *Green IT*: A proposed typology of eco-innovation. **Ecological economics**, v. 70, n. 11, p. 2020-2027, 2011.

GATTI, Lucia; ULRICH, Markus; SEELE, Peter. Education for sustainable development through business simulation games: An exploratory study of sustainability gamification and its effects on students' learning outcomes. **Journal of Cleaner Production**, v. 207, p. 667-678, 2019.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. **São Paulo**, v. 5, n. 61, p. 16-17, 2002.

GOVINDAN, Kannan; SOLEIMANI, Hamed; KANNAN, Devika. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. **European Journal of Operational Research**, v. 240, n. 3, p. 603-626, 2015.

HALILA, Fawzi; TELL, Joakim. Creating synergies between SMEs and universities for ISO 14001 certification. **Journal of Cleaner Production**, v. 48, p. 85-92, 2013.

HANCOCK, Linda; NUTTMAN, Sonia. Engaging higher education institutions in the challenge of sustainability: sustainable transport as a catalyst for action. **Journal of cleaner production**, v. 62, p. 62-71, 2014.

HARANGOZÓ, Gábor; ZILAHY, Gyula. Cooperation between business and non-governmental organizations to promote sustainable development. **Journal of Cleaner Production**, v. 89, p. 18-31, 2015.

HARDIN-RAMANAN, Sarita; CHANG, Vanessa; ISSA, Tomayess. A Green Information Technology governance model for large Mauritian companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 198, p. 488-497, 2018.

HARREL, C. R.; GHOSH, Biman K.; BOWDEN, Royce. **Simulation using promodel.3**. ed. McGraw-Hill Education, 2011.

HART, Stuart L. et al. Beyond greening: strategies for a sustainable world. **Harvard business review**, v. 75, n. 1, p. 66-77, 1997.

HERAS-SAZARBITORIA, Iñaki; DOGUI, Kouakou; BOIRAL, Olivier. Shedding light on ISO 14001 certification audits. **Journal of Cleaner Production**, v. 51, p. 88-98, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama de Catalão – GO**. 2019. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/catalao/panorama>>. Acesso em: 07 nov 2019.

JORGE, Manuel Larrán et al. An approach to the implementation of sustainability practices in Spanish universities. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, p. 34-44, 2015.

JUNIOR, Annor et al. Sustainability and corporate social responsibility in the opinion of undergraduate students in management programs: Between the concrete and the abstract. **Journal of Cleaner Production**, v. 207, p. 600-617, 2019.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; ZUPICK, N. B. **Simulation with Arena**. 6 ed. New York City. 2015.

LAW, A. M. **Simulation modeling and analysis**. 5 ed. New York: McGraw-Hill, 2016.

LEAL, Fabiano; ALMEIDA, DA de; MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de elementos do

- IDEF. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Anais... João Pessoa, PB, 2008.
- LEÓN-FERNÁNDEZ, Yolanda et al. Enhancing environmental management in universities through participation: the case of the University of Córdoba. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 4328-4337, 2018.
- LI, Dayuan et al. Impact of quality management on green innovation. **Journal of Cleaner Production**, v. 170, p. 462-470, 2018.
- LI, Xiwang; TAN, Hongwei; RACKES, Adams. Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, p. 97-108, 2015.
- LI, Yan; GU, Yanfang; LIU, Chunlu. Prioritising performance indicators for sustainable construction and development of university campuses using an integrated assessment approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 202, p. 959-968, 2018.
- LO, Huai-Wei et al. An integrated model for solving problems in green supplier selection and order allocation. **Journal of Cleaner Production**, v. 190, p. 339-352, 2018.
- LOZANO, Rodrigo. "Incorporation and institutionalization of SD into universities: breaking through barriers to change." **Journal of cleaner production**, 2006.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Centros de Recondicionamento de Computadores**. 2018. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/comunicacao/SETEL/inclusao_digital/CRCs/CRCs.ht>. Acesso em: 25 de jun. de 2019.
- MENIKPURA, SNMS NM; SANTO, Atsushi; HOTTA, Yasuhiko. Assessing the climate co-benefits from Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) recycling in Japan. **Journal of cleaner production**, v. 74, p. 183-190, 2014.
- MINES, Christopher. The dawn of *Green IT* services. Cambridge, MA: **Forrester Research**, 2008.
- MOLLA, Alemayehu. GITAM: A Model for the Adoption of *Green IT*. **ACIS 2008 proceedings**, p. 64, 2008.
- MORRIS, Anthony et al. Readiness for sustainable community: A case study of Green Star Communities. **Journal of Cleaner Production**, v. 173, p. 308-317, 2018.
- MURUGESAN, San. **Harnessing Green IT: Principles and practices**. IT professional, v. 10, n. 1, p. 24-33, 2008.
- MURUGESAN, San; GANGADHARAN, G. R. **Green IT: an overview**. *Harnessing Green IT: Principles and practices*, 2012.
- NEJATI, Mostafa; NEJATI, Mehran. Assessment of sustainable university factors from the perspective of university students. **Journal of Cleaner Production**, v. 48, p. 101-107, 2013.
- NIDUMOLU, Ram; PRAHALAD, Coimbatore K.; RANGASWAMI, Madhavan R. Why sustainability is now the key driver of innovation. **Harvard business review**, v. 87, n. 9, p. 56-64, 2009.
- OLIVEIRA, José Augusto et al. Environmental Management System ISO 14001 factors for promoting the adoption of Cleaner Production practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 1384-1394, 2016.
- OLIVEIRA, Otavio Jose; SERRA, José Roberto; SALGADO, Manoel Henrique. Does ISO 14001 work in Brazil?. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 18, p. 1797-1806, 2010.
- ONCEL, Suphi S. Green energy engineering: Opening a green way for the future. **Journal of**

cleaner production, v. 142, p. 3095-3100, 2017.

ONGONDO, Francis O.; WILLIAMS, Ian D.; CHERRETT, Tom J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. **Waste management**, v. 31, n. 4, p. 714-730, 2011.

ORQUESTRA DE SUCATA. **Projeto**. 2019. Disponível em: <<http://orquestradesucata.com.br/projeto/>>. Acesso em: 04 de nov 2019.

PACHECO-BLANCO, Bélgica; BASTANTE-CECA, María José. Green public procurement as an initiative for sustainable consumption. An exploratory study of Spanish public universities. **Journal of cleaner production**, v. 133, p. 648-656, 2016.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. Administração da produção. **Operações industriais e de serviços**. Unicenp, 2007,

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Documentos**. 2019. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/docs/>>. Acesso em: 04 de nov 2019.

POMBO, Felipe Ramalho; MAGRINI, Alessandra. Panorama de aplicação da norma ISO 14001 no Brasil. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2008.

PORTER, Michael; VAN DER LINDE, Claas. **Green and competitive: ending the stalemate**. The Dynamics of the eco-efficient economy: environmental regulation and competitive advantage, v. 33, 1995.

RAMOS, Tomás B. et al. Experiences from the implementation of sustainable development in higher education institutions: Environmental management for sustainable universities. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, p. 3-10, 2015.

RILLO, Cesare Antonio Fabio. Beyond the question “Does it pay to be green?”: How much green? and when?. **Journal of cleaner production**, v. 141, p. 626-640, 2017.

ROBINSON, Brett H. E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. **Science of the total environment**, v. 408, n. 2, p. 183-191, 2009.

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. 2006.

SAMMALISTO, Kaisu; SUNDSTRÖM, Agneta; HOLM, Tove. Implementation of sustainability in universities as perceived by faculty and staff—a model from a Swedish university. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, p. 45-54, 2015.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Reciclagem de lixo eletrônico**. 2018. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-um-servico-de-reciclagem-de-lixo-eletronico,e4397a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 25 de jun. de 2019.

SEDLACEK, Sabine. The role of universities in fostering sustainable development at the regional level. **Journal of Cleaner Production**, v. 48, p. 74-84, 2013.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. Cortez editora, 2017.

SOINI, Katriina et al. Universities responding to the call for sustainability: A typology of sustainability centres. **Journal of Cleaner Production**, v. 170, p. 1423-1432, 2018.

SONG, Qingbin; LI, Jinhui. Environmental effects of heavy metals derived from the e-waste recycling activities in China: A systematic review. **Waste management**, v. 34, n. 12, p. 2587-2594, 2014.

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

UFG. Universidade Federal de Goiás: Regional Catalão. 2019. Disponível em: <<https://www.ufg.br/p/6415-regional-catalao>>. Acesso em: 07 nov 2019.

VELAZQUEZ, Luis et al. Sustainable university: what can be the matter?. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 9-11, p. 810-819, 2006.

VERRIER, Brunilde; ROSE, Bertrand; CAILLAUD, Emmanuel. Lean and Green strategy: the Lean and Green House and maturity deployment model. **Journal of cleaner production**, v. 116, p. 150-156, 2016.

WAAS, Tom; VERBRUGGEN, Aviel; WRIGHT, Tarah. University research for sustainable development: definition and characteristics explored. **Journal of cleaner production**, v. 18, n. 7, p. 629-636, 2010.

WANG, Jing et al. Green image and consumers' word-of-mouth intention in the green hotel industry: The moderating effect of Millennials. **Journal of Cleaner Production**, v. 181, p. 426-436, 2018.

WIDMER, Rolf et al. Global perspectives on e-waste. **Environmental impact assessment review**, v. 25, n. 5, p. 436-458, 2005.

WONG, Coby SC et al. Evidence of excessive releases of metals from primitive e-waste processing in Guiyu, China. **Environmental Pollution**, v. 148, n. 1, p. 62-72, 2007.

ZANELLA, Liane Carly Hermes. **Metodologia da pesquisa**. SEAD/UFSC, 2006.

ZENG, Xianlai et al. Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 1-5, 2017.

ZHANG, Lingen; XU, Zhenming. A review of current progress of recycling technologies for metals from waste electrical and electronic equipment. **Journal of Cleaner Production**, v. 127, p. 19-36, 2016.

ZHANG, Yu et al. Impact of environmental regulations on green technological innovative behavior: An empirical study in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 763-773, 2018.

ZUTSHI, Ambika; CREED, Andrew. An international review of environmental initiatives in the construction sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 98, p. 92-106, 2015.

APÊNDICE A – ANÁLISE DE COCITAÇÕES (UNIVERSIDADES SUSTENTÁVEIS)

Analisou-se as métricas e relatórios obtidos pelo *software CiteSpace®*, usando os dados da base *WoS* e *Scopus*.

I. Pela base *Web of Science*

a) *Modularidade e Silhueta*



Neste estudo em análise, a modularidade *Q* encontrada possui valor de 0,785 e isso implica que a rede é formada por *clusters* de baixa conexão. Nesse caso, o mapeamento obteve valor de silhueta para o *clusters* #0, #2, #3, #7, #8 e #14 de 0,648, 0,872, 0,781, 0,94, 0,969 e 0,995, respectivamente, indicando estar dentro do espaço admissível. O valor médio de silhueta foi de 0,1775, considerando os valores de silhueta dos 153 *clusters* identificados.

b) *Detecção de explosão (Burst)*

Na Tabela A-1 foram mostrados os dez primeiros estudos com maior explosão de citação, sendo organizados de forma decrescente. Como pode-se observar na Tabela A-1, a publicação de Bowler et al (2010) apresentou explosão de citação mais forte que os demais (Força = 14,4169), durante dois anos, começando em 2011 e finalizando em 2013.

Tabela A-1 – Referências com explosão de citações (WoS)

Referências	Ano	Força	Início	Fim	2009 – 2019
Bowler DE, 2010, BMC PUBLIC HEALTH, V10, P0	2010	14,4169	2011	2013	
Alshuwaikhat HM, 2008, J CLEAN PROD, V16, P1777	2008	13,3317	2015	2016	
Lozano R, 2015, J CLEAN PROD, V108, P1	2015	10,1525	2017	2019	
Lozano R, 2006, J CLEAN PROD, V14, P787	2006	8,9882	2013	2014	
Ng E, 2012, BUILD ENVIRON, V47, P256	2012	8,5564	2016	2017	
Srivanit M, 2013, BUILD ENVIRON, V66, P158	2013	8,2047	2016	2017	
Yang XS, 2013, BUILD ENVIRON, V60, P93	2013	7,2047	2016	2017	
Lozano R, 2010, J CLEAN PROD, V18, P637	2010	6,9268	2013	2015	

Figueiro PS, 2015, J CLEAN PROD, V106, P22	2015	6,7603	2017	2019	
Alonso-almeida MD, 2015, J CLEAN PROD, V106, P144	2015	6,3347	2017	2019	

Fonte: Adaptado do *CiteSpace*[®]

c) Centralidade e Sigma

A Tabela A-2 mostra os valores de centralidade e sigma obtidos pelo *CiteSpace*[®] para o conjunto de dados analisado. Priorizou-se listar apenas estudos considerados chave.

Tabela A-2 – Centralidade e Sigma para cluster #0, #3 e #7 (WoS)

Centralidade	Sigma	Autor	Ano	Fonte de publicação	#
0,03	1,00	Barth M	2012	J CLEAN PROD	3
0,03	1,00	Lozano R	2013	J CLEAN PROD	0
0,02	1,00	Disterheft A	2012	J CLEAN PROD	7
0,02	1,00	Lozano R	2015	J CLEAN PROD	0
0,02	1,00	Lozano R	2011	INT J SUST HIGHER ED	0
0,02	1,00	Karatzoglou B	2013	J CLEAN PROD	0
0,02	1,00	Lozano R	2010	J CLEAN PROD	0
0,02	1,00	Rieckmann M	2012	FUTURES	3
0,01	1,00	Lozano R	2013	J CLEAN PROD	0
0,01	1,00	Wright T	2010	INT J SUST HIGHER ED	0
0,01	1,00	Wiek A	2011	SUSTAIN SCI	3
0,01	1,00	Alshuwaikhat HM	2008	J CLEAN PROD	0
0,01	1,00	Foo KY	2013	J CLEAN PROD	7
0,01	1,00	Wals AEJ	2014	J CLEAN PROD	0

Fonte: Adaptado do *CiteSpace*[®]

d) Ranking de Países

Também foi realizado no *CiteSpace*[®] o mapeamento dos países que mais possuem trabalhos publicados sobre o tema universidade sustentável. Observa-se na Figura A-1 que, em primeiro lugar, está a China e em segundo os Estados Unidos. Na Terceira posição está a Espanha, seguida da Inglaterra, Austrália, Malásia e Brasil. Com base em informações geradas pelo *software*, o Brasil possui apenas 46 trabalhos durante o período 2009 a 2019, contrastando com 154 estudos publicados pela China no mesmo período.



Figura A-1 – Países líderes em citações em “Universidade Sustentável” (WoS)
 Fonte: CiteSpace®

e) *Linha do tempo*

Nessa Subseção foi utilizado o modo de visualização “Linha do tempo” do *CiteSpace*®. Objetivou-se identificar quais *clusters*, períodos e publicações são mais relevantes sobre o tema. Desta forma, pesquisas puderam ser identificadas cronologicamente pelo seu ano de publicação, juntamente com seu respectivo *cluster*, conforme mostrado na Figura A-2.

Observa-se na Figura A-2 que o *cluster #0 business administration* é o mais ativo devido ao seu fluxo intenso de publicações. Visualmente, infere-se que os *clusters #3 business administration* e o *#7 green university* também apresentam relevância, pois apresentam fluxo e referências de destaque concentrados entre 2010 e 2013.

Ao contrário, os *clusters #2 green universities*, *#8 students perception* e *#14 education* possuem baixa relevância. É verificado que nesses *clusters* não há trabalhos de destaque ou mesmo outras publicações após o ano 2016. Isso pode representar uma possível falta de interesse por pesquisadores ao redor do mundo por essas linhas de pesquisa, em detrimento das áreas mais relevantes.

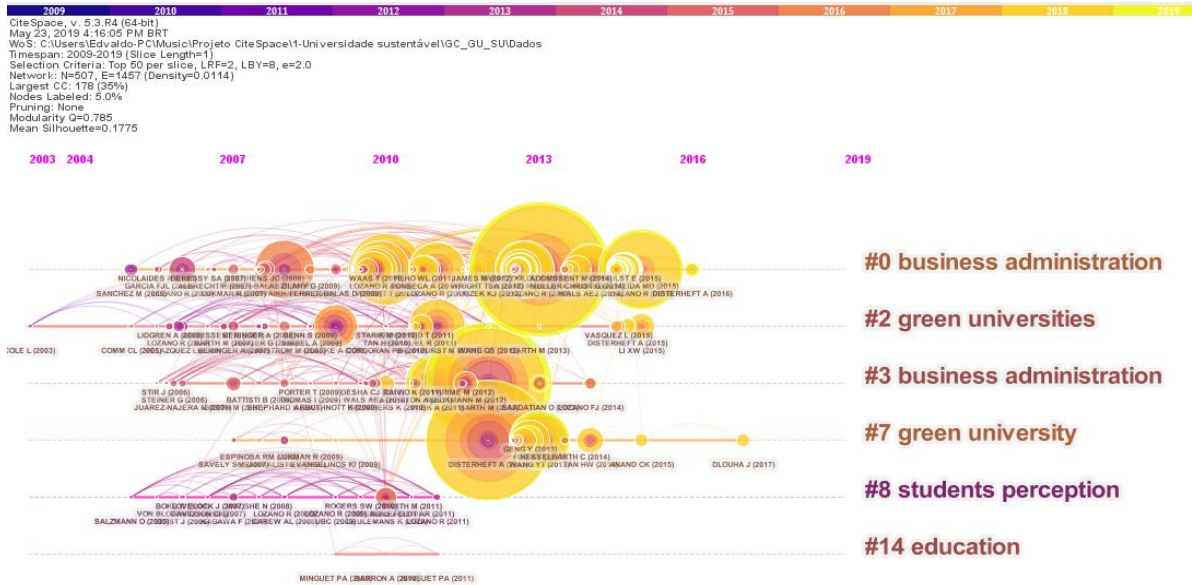


Figura A-2– Linha do tempo em “Universidade Sustentável” (WoS)
 Fonte: CiteSpace®

II. Dados Scopus

Nesta Seção é realizado o mapeamento da literatura usando a base Scopus sobre a temática universidade sustentável. As informações e métricas utilizadas foram obtidas por meio de relatórios gerados pelo software CiteSpace®. Para isso, as etapas de mapeamento propostas foram seguidas e obteve-se a Figura A-3.

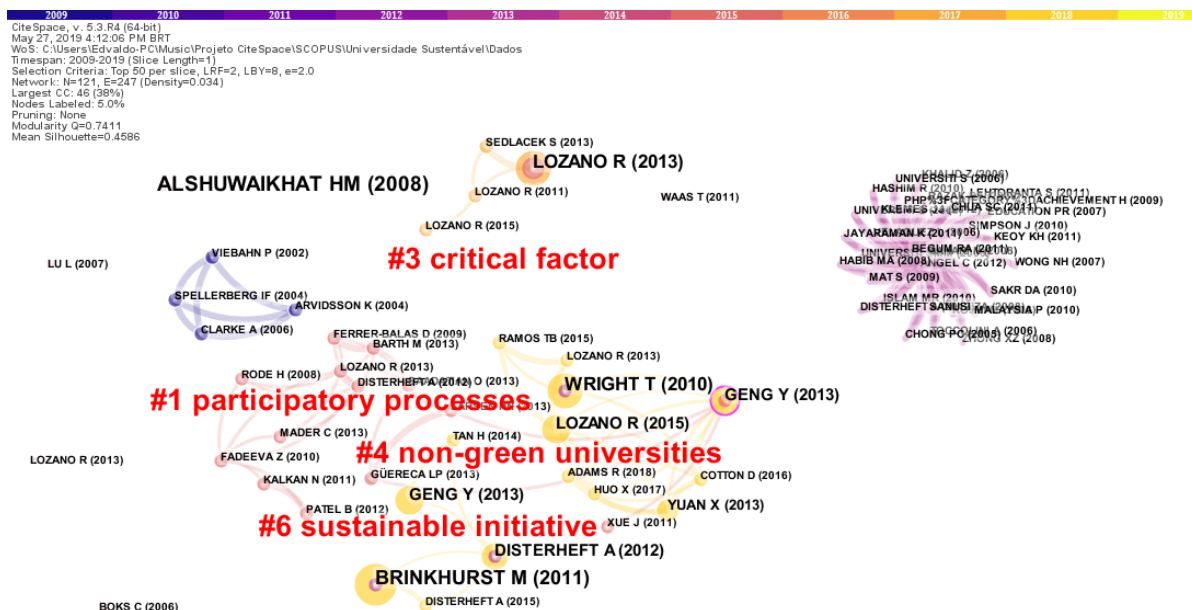


Figura A-3 – Mapeamento de artigos por “Universidade Sustentável” (Scopus)
 Fonte: CiteSpace®

No mapeamento mostrado na Figura A-3, foram identificados 25 conjuntos de referências cocitadas (ou *clusters*). Destes, apenas quatro *clusters* foram considerados satisfatórios e automaticamente representados acima pelo *CiteSpace*[®]. Estes são formados pelo *clusters* #1, #3, #4 e #6, onde apenas os *clusters* #1 e #3 foram analisados por similaridades com os objetivos propostos.

a) *Modularidade e Silhueta*

A modularidade Q encontrada possui valor de 0,7411 e isso implica que a rede é formada por *clusters* de baixa conexão. Já a silhueta para os *clusters* #1, #3, #4 e #6 é de 0,84, 0,801, 0,9 e 0,974 respectivamente, indicando estar dentro do espaço admissível. O valor médio de silhueta foi de 0,4586, isto é, considerando os valores de silhueta dos 25 *clusters* identificados.

b) *Detecção de explosão (Burst)*

No procedimento realizado para identificar os artigos que apresentam explosão de citação, constatou-se que nenhum estudo obteve explosão. Este fato pode estar associado a base de dados analisada ser pequena, mesmo realizando a pesquisa sem expansão para universidade sustentável com 3 palavras-chave (“*sustainable university*”, “*green campus*” e “*green university*”).

c) *Centralidade e Sigma*

A Tabela A-3 mostra os valores de centralidade e sigma obtidos pelo *CiteSpace*[®] para o conjunto de dados analisado. Dessa forma, priorizou-se listar apenas estudos considerados chave na Tabela A-3.

Tabela A-3 – Centralidade e Sigma para cluster #1 e #3 (Scopus)

Centralidade	Sigma	Autor	Ano	Fonte de publicação	#
0,08	1,00	Wright T	2010	INTER J OF SUST IN H EDUC	3
0,06	1,00	Fadeeva Z	2010	SUSTAINABILITY SCIENCE	1
0,05	1,00	Disterheft A	2012	Book	1
0,04	1,00	Lozano R	2013	J CLEAN PROD	3
0,04	1,00	Ramos TB	2015	J CLEAN PROD	3
0,01	1,00	Larsen HN	2013	J CLEAN PROD	1
0,01	1,00	Saadatian O	2013	SUSTAIN CITIES SOC	1
0,01	1,00	Güereca LP	2013	J CLEAN PROD	1

0,01	1,00	Lozano R	2013	Book	1
------	------	----------	------	------	---

Fonte: Adaptado do *CiteSpace*[®]

d) *Ranking de Países*

Também foi realizado no *CiteSpace*[®] o mapeamento dos países que mais possuem trabalhos publicados sobre universidade sustentável. Observa-se na Figura A-4 que em primeiro lugar está a China e em segundo os Estados Unidos. Na Terceira posição está a Indonésia, seguida da Malásia e Canadá. Com base em informações geradas pelo *software*, o Brasil possui apenas 5 trabalhos durante o período 2009 a 2019.

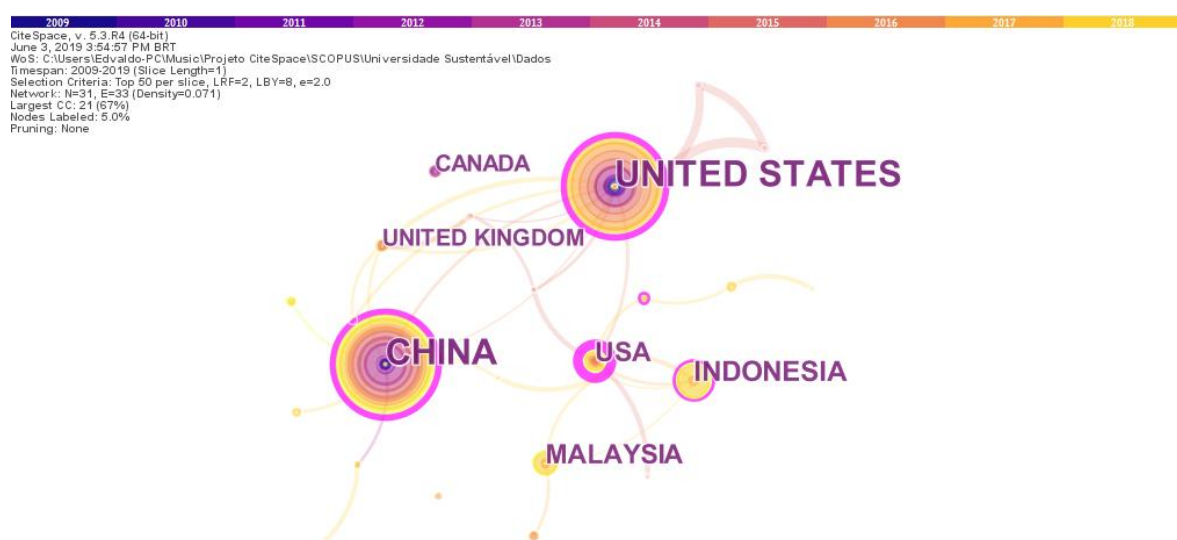


Figura A-4 – Países líderes em citações em “Universidade Sustentável” (Scopus)
 Fonte: *CiteSpace*[®]

e) *Linha do tempo*

Nessa Subseção foi utilizado o modo de visualização de linha do tempo do *CiteSpace*[®]. Objetivou-se identificar quais *clusters*, períodos e publicações são mais relevantes sobre o tema, conforme mostrado na Figura A-5.

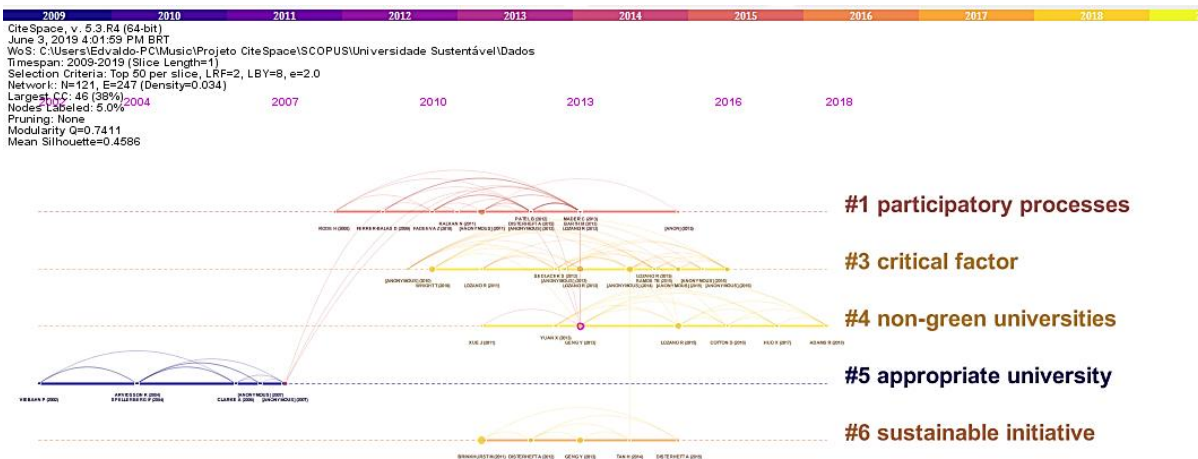


Figura A-5 – Linha do tempo em “Universidade Sustentável” (Scopus)
 Fonte: CiteSpace®

Observa-se na Figura A-5 que todos *clusters* mostrados apresentam baixa relevância. Esse fato pode estar associado à base de dados criada, as características da pesquisa atual no mundo sobre o tema ou mesmo indexação de estudos atuais e relevantes na base *Scopus*. Porém, no *cluster* #1 e #3 foram encontrados trabalhos que podem ser úteis à pesquisa.

APÊNDICE B – ANÁLISE DE COCITAÇÕES (*GREEN IT*)

Analisou-se as métricas e relatórios obtidos pelo *software CiteSpace*[®], usando os dados da base *WoS* e *Scopus*.

I. Pela base *Web of Science*

a) *Modularidade e Silhueta*

No caso em análise, a modularidade *Q* possui valor de 0,9315 e isso indica que a rede está dividida em *clusters* de baixa conexão. O valor de silhueta para os *clusters* #1, #5 e #6 foi de 0,95, 0,981 e 0,986, respectivamente, indicando estar dentro do espaço admissível. O valor médio de silhueta foi de 0,1739, considerando os valores de silhueta dos 241 *clusters* identificados.

b) Detecção de explosão (*Burst*)

Na Tabela B-1 foram representados apenas os dez primeiros artigos com maior explosão de citação, ordenando-os de forma decrescente. Assim percebe-se que o estudo de Murugesan (2008) teve explosão de citação mais forte que os demais (Força = 10,108), durante dois anos, iniciando em 2013 e finalizando em 2015.

Tabela B-1 – Referências com explosão de citações (*WoS*)

Referências	Ano	Força	Início	Fim	2009 – 2019
Murugesan SAN, 2008, IT PROFESSIONAL, V10, P24	2008	10,1080	2013	2015	
Gholami R, 2013, INFORM MANAGE-AMSTER, V50, P431	2013	7,3923	2017	2019	
Koomey J, 2011, GROWTH DATA CTR ELEC, V0, P0	2011	5,7917	2013	2014	
Deng Q, 2015, SUSTAINABILITY-BASEL, V7, P16737	2015	5,3138	2017	2019	
Jenkin TA, 2011, INFORM ORGAN-UK, V21, P17	2011	5,2633	2014	2015	
Enokido T, 2013, IEEE T IND ELECTRON, V60, P824	2013	4,8793	2013	2015	

Molla A, 2014, INFORM TECHNOLOGICAL PEOP, V27, P129	2014	4,2469	2017	2019	
Khor KS, 2015, GLOB BUS REV, V16, P571	2015	3,7142	2017	2019	
Watson RT, 2010, MIS QUART, V34, P23	2010	3,6905	2017	2019	
Murugesan S, 2008, IEEE IT PROFESSIONAL, V0, P24	2008	3,2438	2009	2010	

Fonte: Adaptado do CiteSpace®

c) Centralidade e Sigma

A Tabela B-2 representa os valores de centralidade e sigma fornecidos pelo CiteSpace® para os clusters #1 e #5. Dessa forma, priorizou-se listar na Tabela B-2 apenas os estudos-chave, ordenados pela centralidade.

Tabela B-2 – Centralidade e Sigma para cluster #1 e #5 (WoS)

Centralidade	Sigma	Primeiro autor	Ano	Fonte de publicação	#
0,02	1,00	Bose R	2011	J STRATEGIC INF SYST	1
0,02	1,00	Mishra D	2014	COMPUT HUM BEHAV	5
0,01	1,00	Beloglazov A	2011	ADV COMPUT	1
0,01	1,00	Feller E	2011	P 2011 IEEE ACM 12 I	1
0,01	1,00	Melville NP	2010	MIS QUART	1

Fonte: Adaptado do CiteSpace®

d) Ranking de Países

O CiteSpace® também possibilita descobrir quais países possuem mais pesquisas e trabalhos citados referentes ao tema em estudo. Observa-se pela Figura B-1 que em primeiro lugar está os Estados Unidos, seguido da Índia. Na terceira colocação aparece a China, seguida do Japão e Coreia do Sul. Com base em informações do software, o Brasil possui apenas 33 trabalhos citados, considerando o período de análise 2009 a 2019.

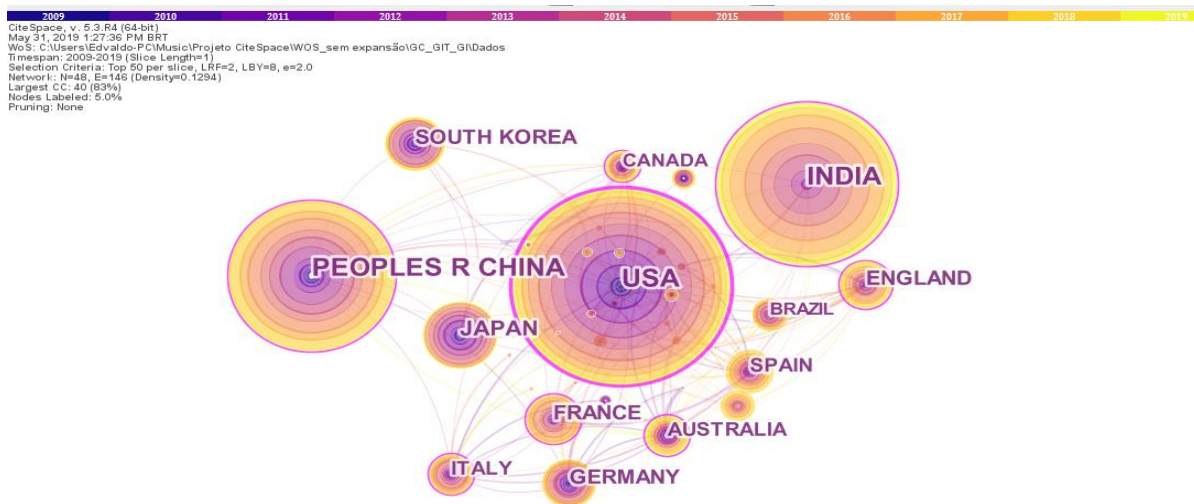


Figura B-1 – Países líderes em citações em “Green IT” (WoS)
 Fonte: CiteSpace®

e) Linha do tempo

As pesquisas e sua respectiva relevância foram ordenados cronologicamente, conforme mostrado na Figura B-2.

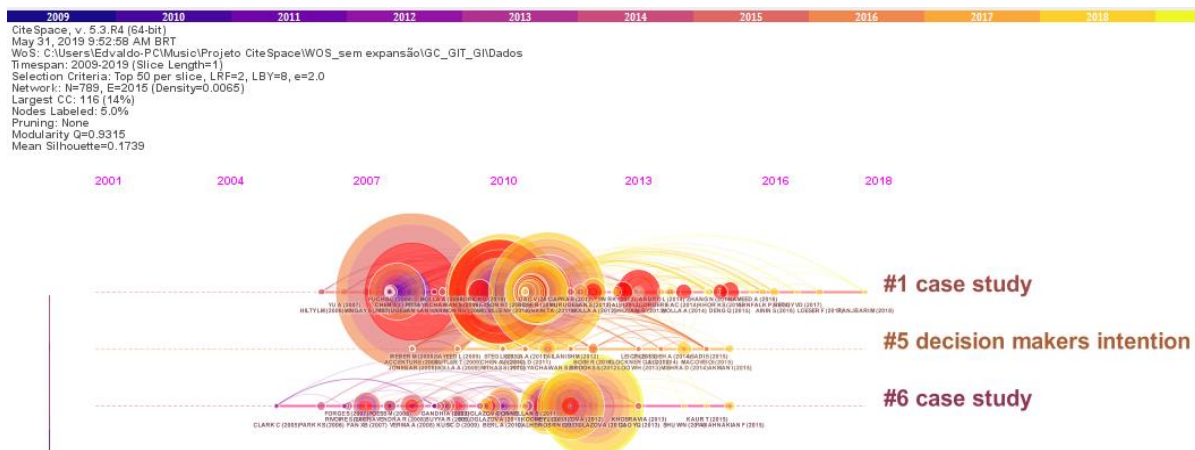


Figura B-2 – Linha do tempo em “Green IT” (WoS)
 Fonte: CiteSpace®

Como pode ser observado na Figura B-2, o *cluster #1* é o mais ativo, pois apresenta maior fluxo de publicações. Ao mesmo tempo, cabe ressaltar que o tamanho do círculo está associado a quantidade de citações daquele estudo. Portanto, nota-se que o *cluster #1* contém publicações mais relevantes, seguido dos *clusters #6* e *#5*.

Como foi justificado anteriormente, o *cluster #6* apesar de ser o segundo mais relevante não foi analisado em virtude da discordância com os objetivos propostos. Já o

cluster #5 possui baixa relevância, porém foi constatado na exploração do *cluster* que este possui artigos que estão associados aos objetivos do estudo.

II. Pela base Scopus

Esta seção está destinada a mostrar o mapeamento da literatura realizado, usando a base de dados *Scopus*. Dessa forma, seguiu-se as etapas propostas de mapeamento e obteve-se a Figura B-3.

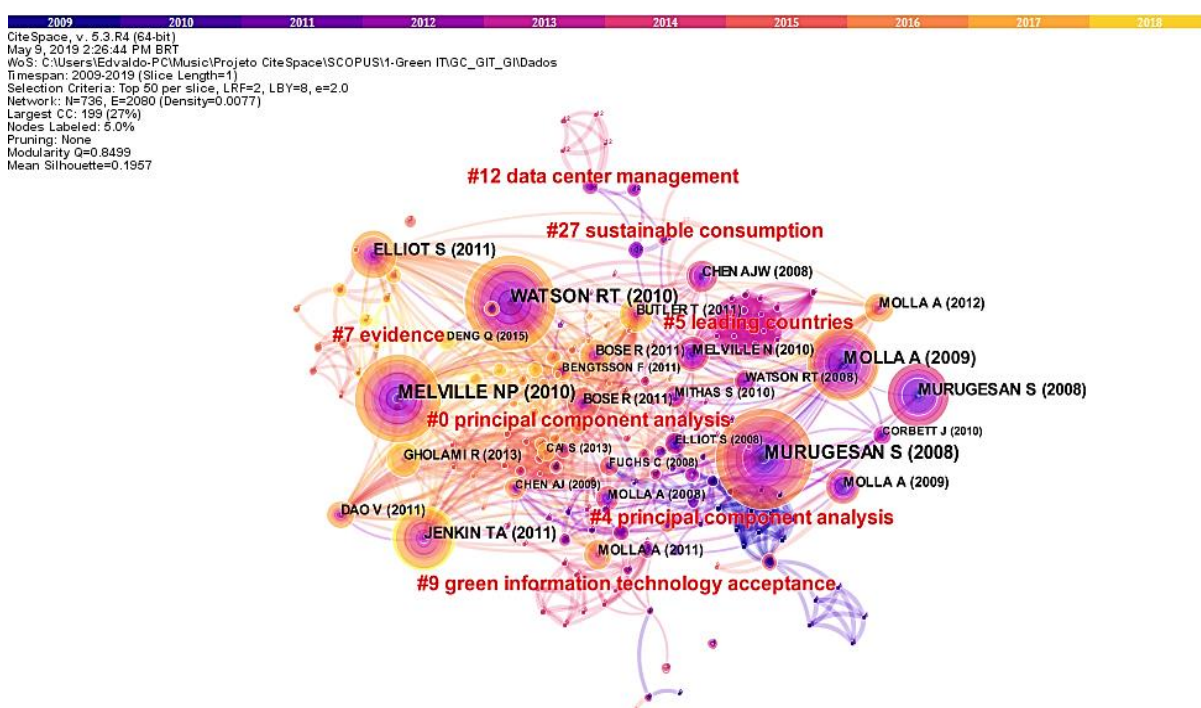


Figura B-3 – Mapeamento de artigos por “Green IT” (Scopus)
 Fonte: CiteSpace®

Pela análise dos dados consolidados na Figura B-3 foram identificados 267 conjuntos de referências cocitadas (ou *clusters*), salientando que cada conjunto encontrado corresponde a uma linha de pesquisa. Todavia, apenas sete *clusters* (#0, #4, #5, #7, #9, #12 e #27) foram considerados relevantes para o CiteSpace®, sendo mostrados na Figura B-3. Para efeitos deste trabalho, foram analisados apenas os *clusters* #0 e #4 devido a relevância e similaridades dos agrupamentos com os objetivos propostos. Salienta-se que os demais *clusters* também foram explorados.

a) Modularidade e Silhueta

No caso em análise, a modularidade Q possui valor de 0,8499 e isso indica que a rede está dividida em *clusters* de baixa conexão. O estudo de mapeamento obteve valor de silhueta para os *clusters* #0 e #4 de 0,804 e 0,942, respectivamente, indicando estar dentro do espaço admissível. O valor médio de silhueta foi de 0,1957, isto é, considerando os valores de silhueta dos 267 *clusters* identificados.

b) Detecção de explosão (Burst)

Na Tabela B-3 foram representados apenas os dez primeiros artigos com maior explosão de citação, ordenando-os de forma decrescente. Assim percebe-se que o estudo de Watson (2010) teve explosão de citação mais forte que os demais (Força = 6,2706) durante dois anos, iniciando em 2011 e finalizando em 2013.

Tabela B-3 – Referências com explosão de citações (Scopus)

Referências	Ano	Força	Início	Fim	2009 – 2019
Watson RT, 2010, MIS QUARTERLY, V34, P23-38	2010	6,2706	2011	2013	
Gholami R, 2013, INFORMATION & MANAGEMENT, V50, P431-438	2013	6,2250	2017	2019	
Beloglazov A, 2012, FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS, V28, P755-768	2012	6,0380	2016	2017	
Deng Q, 2015, SUSTAINABILITY, V7, P16737-16755	2015	5,2114	2017	2019	
Satyanarayanan M, 2009, IEEE PERVAS COMPUT, V8, P14	2009	4,8899	2016	2017	
Cuervo E, 2010, P 8 INT C MOB SYST A, P49	2010	4,8899	2016	2017	
Armbrust M, 2010, COMMUN ACM, V53, P50-58	2010	4,8395	2017	2019	
Barbarossa S, 2014, IEEE SIGNAL PROC MAG, V31, P45	2014	4,8395	2017	2019	
Molla A, 2014, INFORMATION TECHNOLOGY & PEOPLE, V27, P129-154	2014	3,7850	2017	2019	
Molla A, 2011, COMMUNICATIONS	2011	3,3308	2015	2017	

OF THE ASSOCIATION FOR INFORMATION SYSTEMS, V29, P67-96					
---	--	--	--	--	--

Fonte: Adaptado do *CiteSpace*®

Na Tabela B-3 acima é observado que há muitos trabalhos associados com a computação em nuvem. Isso permite inferir que a pesquisa atual em *Green IT* tem voltado sua atenção ao tema.

c) Centralidade e Sigma

A Tabela B-4 apresenta os valores de centralidade e sigma fornecidos pelo *CiteSpace*® para os *clusters* #0 e #4. Priorizou-se listar na Tabela B-4 os estudos que possuíam centralidade igual ou maior que 0,01.

Tabela B-4 – Centralidade e Sigma para clusters analisados (Scopus)

Centralidade	Sigma	Primeiro autor	Ano	Fonte de publicação	#
0,03	1,00	Butler T	2011	THE JOURNAL OF STRATEGIC INFORMATION SYSTEMS	0
0,01	1,00	Molla A	2008	Book Chapter	4
0,01	1,00	Molla A	2009	Book	0
0,01	1,00	Ravichandran T	2005	JOURNAL OF MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS	4
0,01	1,00	Murugesan S	2008	IT PROFESSIONAL	0
0,01	1,00	Fuchs C	2008	Book	0
0,01	1,00	Chen AJ	2009	Book	0
0,01	1,00	Melville NP	2010	MIS QUARTERLY	0
0,01	1,00	Watson RT	2008	Book	0
0,01	1,00	Jenkin TA	2011	INFORMATION AND ORGANIZATION	0
0,01	1,00	Bose R	2011	THE JOURNAL OF STRATEGIC INFORMATION SYSTEMS	0
0,01	1,00	Watson RT	2010	MIS QUARTERLY	0

Fonte: Adaptado do *CiteSpace*®

d) Ranking de Países

O *CiteSpace*® também possibilita descobrir quais países possuem mais pesquisas e trabalhos citados referentes ao tema em estudo. Observa-se pela Figura B-4 que em primeiro lugar está os Estados Unidos, seguido da China. Na terceira colocação aparece a Alemanha, seguida da Índia e Reino Unido. Com base em informações do *software*, o Brasil possui apenas 33 trabalhos citados, considerando o período de análise 2009 a 2019.

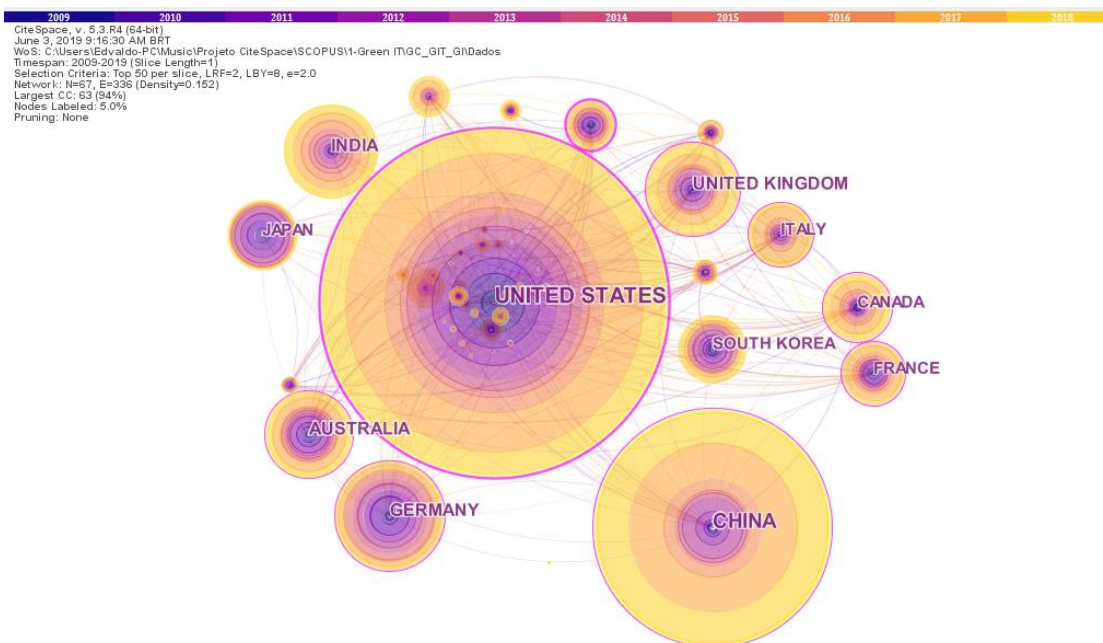


Figura B-4 – Países líderes em citações em “Green IT” (Scopus)
 Fonte: CiteSpace®

e) Linha do tempo

As pesquisas e sua respectiva relevância podem ser ordenados cronologicamente, conforme mostrado na Figura B-5.

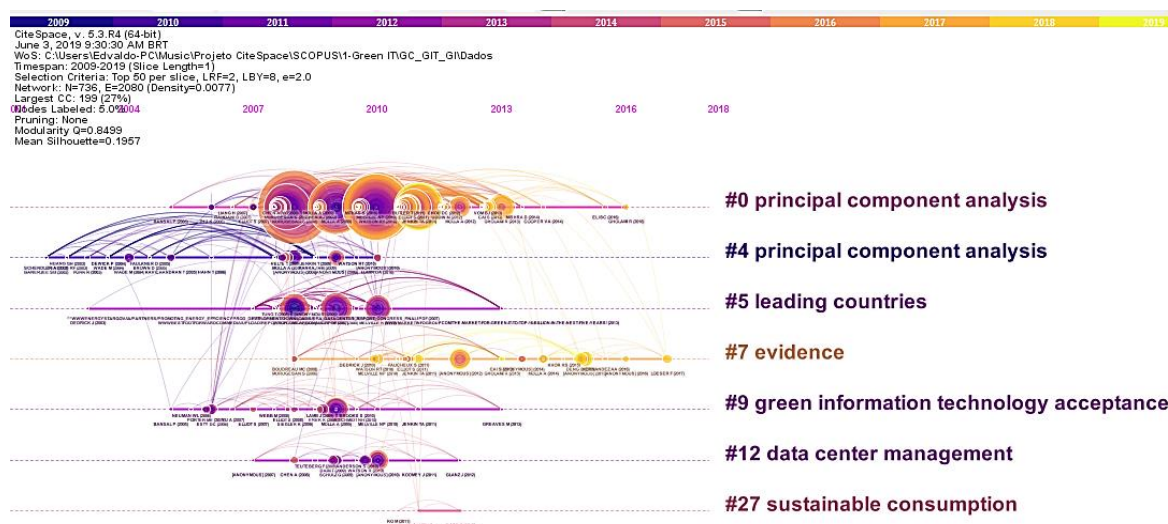


Figura B-5 – Linha do tempo em “Green IT” (Scopus)
 Fonte: CiteSpace®

Como pode-se observar na Figura B-5, o cluster #0 é o mais ativo, pois apresenta

maior fluxo de publicações. Dessa forma, apesar de o *cluster* #5 ser o segundo mais relevante, este não foi analisado em virtude da discordância com os objetivos propostos. Cabe ressaltar que os demais *clusters*, excetuando-se o *cluster* #4, também apresentaram publicações menos relevantes, conforme o modo de visualização linha do tempo.

APÊNDICE C – ANÁLISE DE COCITAÇÕES (LIXO ELETRÔNICO)

Analisou-se as métricas e relatórios obtidos pelo *software CiteSpace®*, usando os dados da base *WoS* e *Scopus*.

I. Pela base Web of Science







a) *Modularidade e Silhueta*

No mapeamento realizado, a modularidade *Q* possui valor de 0,7552 e isso implica que a rede é formada por *clusters* de baixa conexão. No estudo, o valor de silhueta encontrado para os *clusters* #1 e #5 foi de 0,916 e 0,975, respectivamente, concluindo que ambos *clusters* são consistentes. O valor médio de silhueta foi de 0,2702, isto é, considerando os valores de silhueta para os 72 *clusters* identificados.

b) *Detecção de explosão (Burst)*

Na Tabela C-1 foram mostrados apenas os treze primeiros artigos com maior explosão de citação, organizados de forma decrescente de força. Assim, percebe-se que o artigo de Cucchiella et al. (2015) teve explosão de citação mais forte que os demais (Força = 31,2183), durante dois anos, iniciando em 2017 e finalizando em 2019.

Tabela C-1 – Referências com explosão de citações (WoS)

Referências	Ano	Força	Início	Fim	2009 –2019
Cucchiella F, 2015, RENEW SUST ENERG REV, V51, P263	2015	31,2183	2017	2019	
Ghosh B, 2015, J CLEAN PROD, V94, P5	2015	29,6613	2017	2019	
Cui JR, 2008, J HAZARD MATER, V158, P228	2008	28,0412	2014	2016	
Wong MH, 2007, ENVIRON POLLUT, V149, P131	2007	24,6807	2009	2015	
Govindan K, 2015, EUR J OPER RES, V240, P603	2015	24,1678	2017	2019	
Akcil A, 2015, WASTE MANAGE, V45, P258	2015	20,7398	2017	2019	

Widmer R, 2005, ENVIRON IMPACT ASSES, V25, P436	2005	19,0837	2012	2013	
Yamane LH, 2011, WASTE MANAGE, V31, P2553	2011	18,7564	2017	2019	
Binnemans K, 2013, J CLEAN PROD, V51, P1	2013	18,4835	2017	2019	
Li J, 2007, ENVIRON SCI TECHNOL, V41, P1995	2007	17,8402	2014	2015	
Robinson BH, 2009, SCI TOTAL ENVIRON, V408, P183	2009	17,8143	2014	2016	
Sepulveda A, 2010, ENVIRON IMPACT ASSES, V30, P28	2010	17,7019	2012	2015	
Zhang LG, 2016, J CLEAN PROD, V127, P19	2016	17,6491	2017	2019	

Fonte: Adaptado do *CiteSpace*[®]

c) Centralidade e Sigma

Os valores da métrica centralidade e sigma foram obtidos pelo *CiteSpace*[®] para os *clusters* #1 e #5. Desse modo, na Tabela C-2 foram priorizados apenas os quinze primeiros artigos que possuíam centralidade superior ou igual a 0,01, em virtude de sua maior relevância.

Tabela C-2 – Centralidade e Sigma para os clusters #1 e #5 (WoS)

Centralidade	Sigma	Primeiro Autor	Ano	Fonte de publicação	#
0,22	35,91	Robinson BH	2009	SCI TOTAL ENVIRON	1
0,12	1,00	Atasu A	2009	PROD OPER MANAG	5
0,11	1,00	Chi XW	2011	WASTE MANAGE	1
0,10	6,00	Widmer R	2005	ENVIRON IMPACT ASSES	1
0,10	4,71	Guide VDR	2009	OPER RES	5
0,07	3,54	Li J	2007	ENVIRON SCI TECHNOL	1
0,06	2,15	Ongondo FO	2011	WASTE MANAGE	1
0,06	1,96	Tsydenova O	2011	WASTE MANAGE	1
0,05	2,32	Yamane LH	2011	WASTE MANAGE	1
0,05	1,76	Nnorom IC	2008	RESOUR CONSERV RECY	1
0,04	3,02	Cui JR	2008	J HAZARD MATER	1
0,04	1,55	Breivik K	2014	ENVIRON SCI TECHNOL	1
0,04	1,00	Huang K	2009	J HAZARD MATER	1
0,03	1,45	Wang ZH	2011	J CLEAN PROD	1

0,03	1,00	Zhou L	2012	ENVIRON SCI TECHNOL	1
------	------	--------	------	------------------------	---

Fonte: Adaptado do *CiteSpace*®

d) *Ranking de Países*

Também foi realizado, através do *CiteSpace*®, o mapeamento para descobrir quais países possuem mais trabalhos citados referentes a temática em estudo. Os resultados obtidos foram apresentados na Figura C-1.



Figura C-1 – Países líderes em citações em lixo eletrônico (WoS)

Fonte: *CiteSpace*®

O país líder na produção de trabalhos científicos voltados ao lixo eletrônico é a China, seguido dos Estados Unidos. Na Terceira colocação aparece a Índia, seguida da Inglaterra e Japão. Com base em informações do *software*, o Brasil está na décima posição, considerando o período de análise de 2009 a 2019.

e) *Linha do tempo*

As pesquisas e sua respectiva relevância podem ser ordenadas cronologicamente, conforme mostrado na Figura C-2. Observa-se que os *clusters* #0 e #1 são os mais ativos, visto que apresentam maior fluxo de publicações. Isso indica que a linha de pesquisa *#flame retardants* e *#waste* tem tido maiores atenções pela comunidade científica.

Cabe salientar que o tamanho do círculo representa a relevância do estudo para o período. Os *clusters* # 2 e # 4 apresentam poucas referências que foram citadas após o ano

de 2011, se concentrando principalmente entre 2004 e 2011. Os *clusters* #3 e #5 possuem baixa concentração, porém pesquisas têm sido realizadas nesses segmentos da literatura.

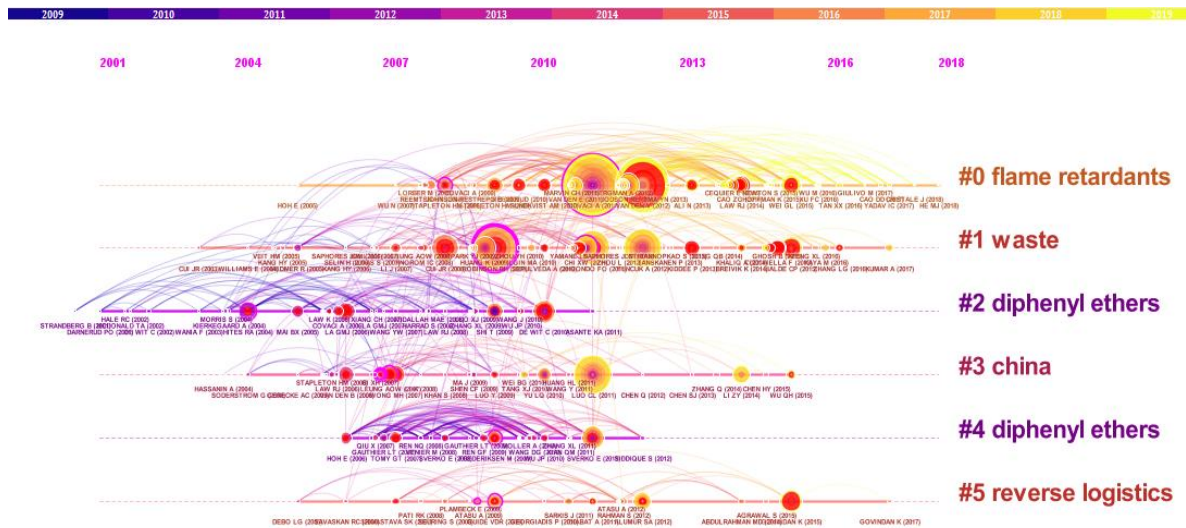


Figura C-2 – Linha do tempo em lixo eletrônico (WoS)
 Fonte: CiteSpace®

II. Pela base Scopus

Nesta Seção encontra-se o mapeamento da literatura usando a base de dados Scopus. Para isso, seguiu-se as etapas de mapeamento e obteve-se o mapa da Figura C-3.

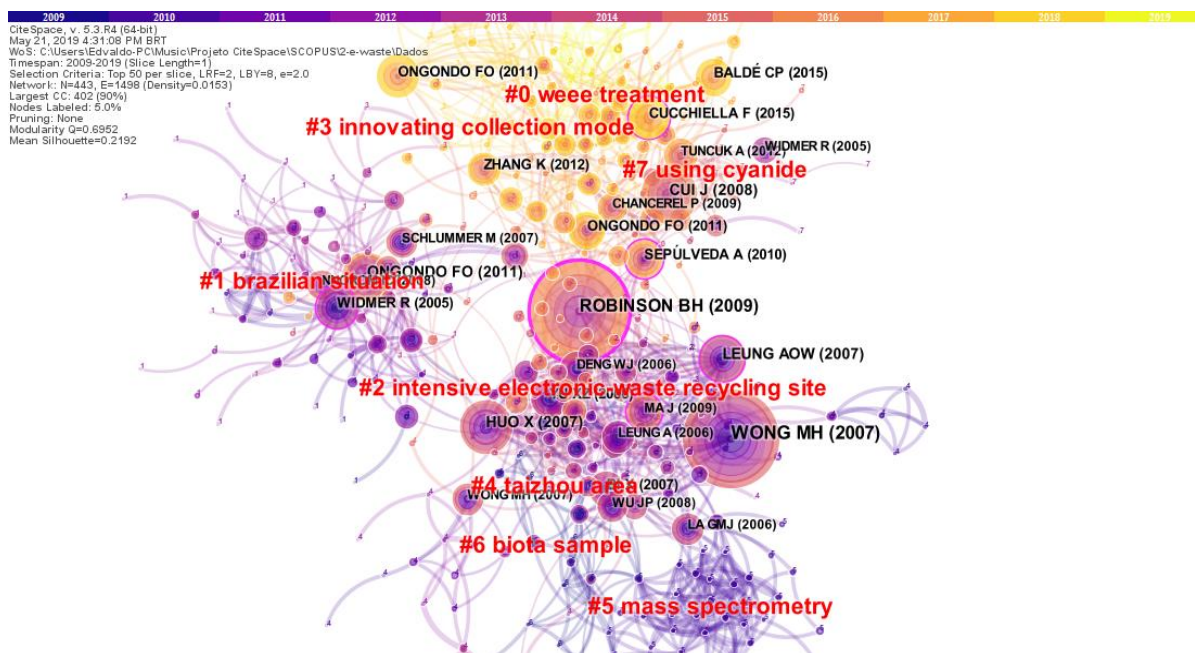


Figura C-3 – Mapeamento de artigos por lixo eletrônico (Scopus)
 Fonte: CiteSpace®

Com base nos resultados acima, foram identificados 45 conjuntos de referências cocitadas (ou *clusters*). Neste caso, cada agrupamento encontrado corresponde a uma linha de pesquisa. Destes, apenas oito *clusters* (#0 à #7) foram mostrados automaticamente pelo *CiteSpace*[®], conforme a Figura C-3. Para a presente pesquisa, apenas três *clusters* foram considerados relevantes conforme os objetivos propostos, sendo representados como #0 *weee treatment*, #1 *brazilian situation* e #3 *innovating collection mode*.

a) *Modularidade e Silhueta*

No mapeamento realizado, a modularidade Q possui valor de 0,6952 e isso implica que a rede é formada por *clusters* de conexão intermediária. No estudo, o valor de silhueta encontrado para os *clusters* #0, #1 e #3 foi de 0,738, 0,88 e 0,782 respectivamente, concluindo que eles são consistentes. O valor médio de silhueta foi de 0,2192, isto é, considerando os valores de silhueta para os 45 *clusters* identificados.

b) *Detecção de explosão (Burst)*

Na Tabela C-3 foi mostrado apenas os dez primeiros artigos com maior explosão de citação, organizados de forma decrescente de força. Assim, percebe-se que o artigo de Robison (2009) teve explosão de citação mais forte que os demais (Força = 14,4036), durante três anos, iniciando em 2013 e finalizando em 2016.

Tabela C-3 – Referências com explosão de citações (Scopus)

Referências	Ano	Força	Início	Fim	2009 – 2019
Robinson BH, 2009, SCI TOTAL ENVIRON, V408, P183-191	2009	14,4036	2013	2016	
Cucchiella F, 2015, RENEW SUSTAIN ENERGY REV, V51, P263-272	2015	11,7858	2016	2019	
Cui J, 2008, J HAZARD MATER, V158, P228-256	2008	10,0675	2014	2016	
Ongondo FO, 2011, WASTE MANAG, V31, P714-730	2011	9,3542	2016	2019	
Zeng X, 2016, ENVIRON SCI TECHNOL, V50, P1347-1358	2016	8,4455	2017	2019	

Tuncuk A, 2012, MINER ENG, V25, P28-37	2012	7,4272	2014	2017	
Li J, 2015, ENVIRON SCI TECHNOL, V49, P7095-7108	2015	6,8557	2016	2019	
Kiddee P, 2013, WASTE MANAG, V33, P1237-1250	2013	6,8557	2016	2019	
Breivik K, 2014, ENVIRON SCI TECHNOL, V48, P8735-8743	2014	6,4498	2016	2019	
Song Q, 2014, ENVIRON INT, V68, P82-93	2014	6,0232	2015	2017	

Fonte: Adaptado do *CiteSpace*[®]

c) Centralidade e Sigma

Os valores da métrica centralidade e sigma foram obtidos pelo *CiteSpace*[®] para os clusters #0 *weee treatment*, #1 *brazilian situation* e #3 *innovating collection mode*. Desse modo, na Tabela C-4 foram priorizados apenas os quinze primeiros artigos que possuíam centralidade superior ou igual a 0,01, em virtude de sua maior relevância.

Tabela C-4 – Centralidade e Sigma para os clusters #0, #1 e #3 (Scopus)

Centralidade	Sigma	Primeiro autor	Ano	Fonte de publicação	#
0,15	2,33	Widmer R	2005	ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT REVIEW	1
0,12	3,90	Cucchiella F	2015	RENEW SUSTAIN ENERGY REV	0
0,11	1,43	Sepúlveda A	2010	ENVIRON IMPACT ASSESS REV	0
0,09	1,32	Streicher-porte M	2005	ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT REVIEW	1
0,08	1,51	Zhang K	2012	ENVIRON SCI TECHNOL	0
0,08	1,56	Ongondo FO	2011	WASTE MANAGEMENT	1
0,07	1,33	Nnorom IC	2008	Book	1
0,05	1,48	Zeng X	2016	ENVIRON SCI TECHNOL	0
0,05	1,34	Yu J	2010	ENVIRON SCI TECHNOL	0
0,05	1,36	Li J	2015	ENVIRON SCI TECHNOL	0
0,04	1,14	Wong MH	2007	ENVIRONMENTAL POLLUTION	1
0,04	1,24	Ongondo FO	2011	WASTE MANAGE	0
0,04	1,45	Ongondo FO	2011	WASTE MANAG	3
0,04	1,18	Menikpura SNM	2014	J CLEAN PROD	0
0,04	1,18	Li J	2013	WASTE MANAG	0

Fonte: Adaptado do *CiteSpace*®

d) *Ranking de Países*

Também foi realizado, através do *CiteSpace*®, o mapeamento para descobrir quais países possuem mais trabalhos citados referentes a temática em estudo. Os resultados obtidos foram apresentados na Figura C-4. O país líder na produção de trabalhos científicos voltados ao lixo eletrônico é a China, seguido dos Estados Unidos. Na Terceira colocação aparece a Reino Unido, seguido da Itália e Alemanha. Com base em informações do *software*, o Brasil está na nona posição, considerando o período de análise 2009 a 2019.

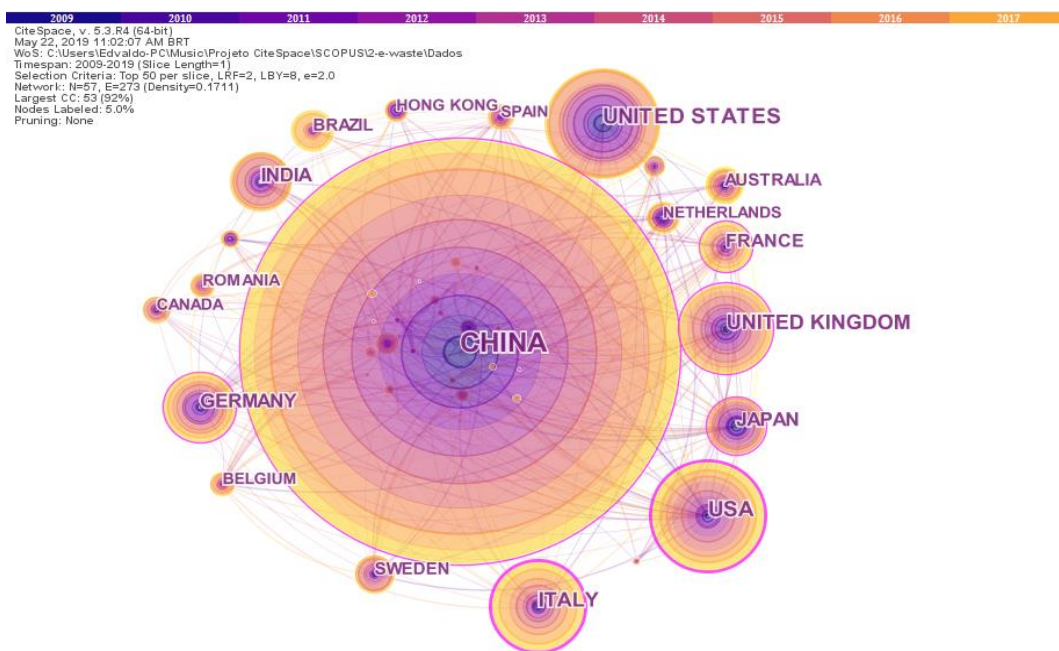


Figura C-4 – Países líderes em citações em lixo eletrônico (Scopus)
Fonte: *CiteSpace*®

e) *Linha do tempo*

As pesquisas e sua respectiva relevância podem ser ordenados cronologicamente, conforme mostrado na Figura C-5.

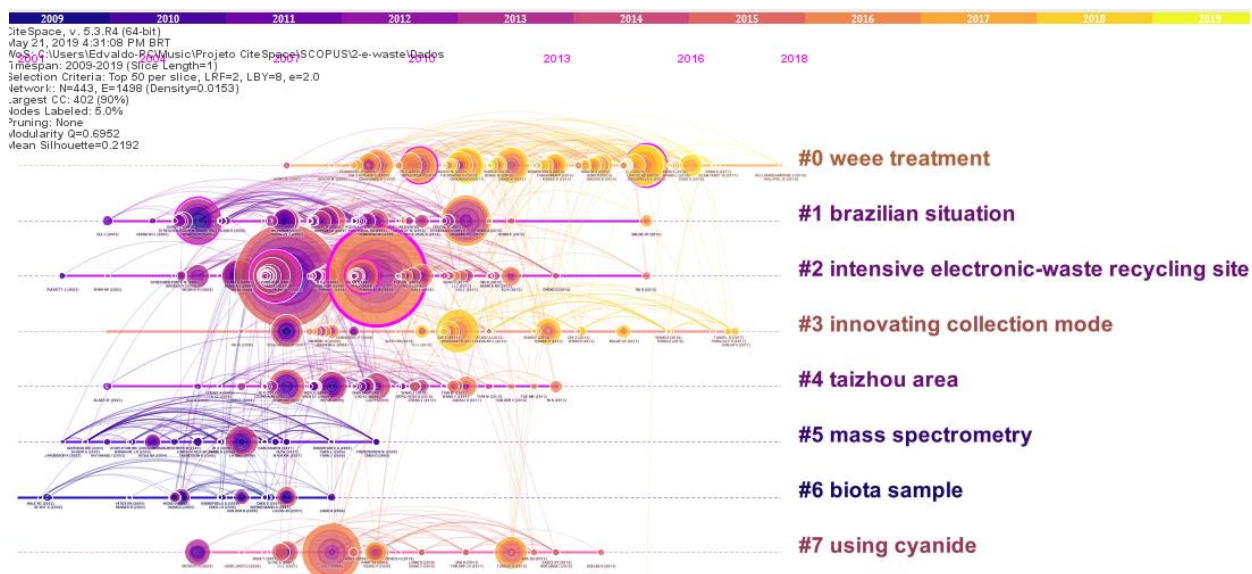


Figura C-5 – Linha do tempo em lixo eletrônico (Scopus)
 Fonte: CiteSpace®

Observa-se na Figura C-5 acima que o *cluster #2 intensive electronic-waste recycling site* é o que apresenta maior quantidade de publicações relevantes. Porém é no *cluster #0 weee treatment* que é encontrado publicações mais atuais. No *cluster #1 brazilian situation* é encontrado um fluxo de trabalhos, o que mostra atividade nessa linha de pesquisa. Porém, não são encontrados visualmente trabalhos relevantes nos últimos anos.

Os *clusters #5 e #6* apresentam poucas referências anteriores ao ano de 2010 e visualmente nenhuma após este mesmo ano. Os *clusters #3, #4 e #7* possui baixa concentração, porém pesquisas atuais vêm sendo realizadas principalmente no *cluster #3*.

APÊNDICE D – ROTEIRO DA ENTREVISTA

Roteiro a ser aplicado à responsáveis do CEDIR/ USP.

Roteiro semiestruturado

- ✓ Atualmente, qual é a área do CEDIR? Onde está situado?
- ✓ Quais itens são manipulados pelo CEDIR (ex. CPUs, monitores, telefones etc.)?
- ✓ Quais são as sucatas eletrônicas mais frequentes no campus?
- ✓ Existe um período legal para que a sucata eletrônica fique armazenada no campus?
- ✓ Qual é a capacidade máxima de estoque de sucata (por item, conforme tabela abaixo) na estrutura física do CEDIR?

Item	Capacidade Máxima
1- Monitor	
2- Teclado	
3- CPU	
4- <i>Mouse</i>	
5- <i>Notebook</i>	
6- Telefone	
7- Estabilizador	
8- Impressora	
9- <i>Switch</i>	
10- Bateria/Pilha	
11 - <i>Nobreaks</i>	
12 - Outros (especificar)	

- ✓ Qual é o procedimento interno para declarar que o recurso computacional (patrimônio da USP) é obsoleto e pode ser enviado ao CEDIR?
- ✓ Qual é a quantidade máxima permitida de monitores, CPUs, teclados, mouses e impressoras, entre outros, que podem ser doadas por uma pessoa ou empresa/instituição em um dia (em virtude da capacidade de armazenamento da sucata no campus)?
- ✓ Como são armazenados os componentes desmontados? São separados por placas, plásticos, metal e vidro, e depois colocados em caixas?

- ✓ Considerando o horário de maior fluxo no CEDIR, de quanto em quanto tempo chega sucata na recepção (ex.: um monitor, um teclado, CPU, *mouse*, entre outros), conforme mostrado na tabela a seguir:

Item	Tempo entre chegadas (recepção)		
	Tempo mínimo	Tempo mais provável	Tempo Máximo
1- Monitor			
2- Teclado			
3- CPU			
4- <i>Mouse</i>			
5- <i>Notebook</i>			
6- Telefone			
7- Estabilizador			
8- Impressora			
9- <i>Switch</i>			
10- Bateria/Pilha			
11 – <i>Nobreaks</i>			
12 - Outros (especificar)			

- ✓ Qual é o tempo de atendimento na recepção do CEDIR para a sucata que chega? (Ex.: eu quero doar um *notebook* velho, chego no CEDIR para doar e fico no local quantos minutos?) **Observação:** Aqui o tempo de atendimento se refere ao tempo gasto para receber e realizar procedimento administrativo para declarar a sucata como doação. Se o tempo for igual para todos os itens listados na tabela, qual é o tempo mínimo __, o tempo mais provável ____, e o tempo máximo _____ para a sucata recebida?

Item	Tempo de atendimento na recepção		
	Tempo mínimo	Tempo mais provável	Tempo máximo
1- Monitor			
2- Teclado			
3- CPU			
4- <i>Mouse</i>			
5- <i>Notebook</i>			
6- Telefone			
7- Estabilizador			
8- Impressora			
9- <i>Switch</i>			
10- Bateria/Pilha			
11 – <i>Nobreaks</i>			
12 - Outros (especificar)			

- ✓ Quantas pessoas trabalham por setor de atividades (recepção, triagem, desmonte, separação dos componentes, descaracterização/compactação, entre outros - especificar o setor e a quantidade de pessoas)?
- ✓ Quantas pessoas trabalham no desmonte e separação de componentes?
- ✓ Quais são as máquinas e os equipamentos necessários em um centro de reuso e descarte em uma universidade?
- ✓ Na fase de triagem, geralmente qual é a porcentagem de sucata que entra no CEDIR e que será desmontada? Qual é a porcentagem de material eletrônico que pode ser reaproveitado em projetos sociais?
- ✓ Na fase de desmonte, existe algum registro cronometrado do tempo do desmonte da sucata? Caso sim, por favor, forneça.
- ✓ Qual é o tempo o mínimo, o tempo mais provável e o tempo máximo para desmontar:

Item	Tempo de desmontagem		
	Tempo mínimo	Tempo mais provável	Tempo Máximo
1- Monitor			
2- Teclado			
3- CPU			
4- <i>Mouse</i>			
5- <i>Notebook</i>			
6- Telefone			
7- Estabilizador			
8- Impressora			
9- <i>Switch</i>			
10- Bateria/Pilha			
11 - <i>Nobreaks</i>			
12 - Outros (especificar)			

- ✓ Existe alguma ordem de desmontagem de sucata? Se sim, quem é desmontado primeiro, segundo, terceiro etc.? (Por favor, forneça a ordem de prioridade na desmontagem)

Item	Sequência de desmontagem
1- Monitor	
2- Teclado	
3- CPU	
4- <i>Mouse</i>	
5- <i>Notebook</i>	
6- Telefone	
7- Estabilizador	
8- Impressora	
9- <i>Switch</i>	

10- Bateria/Pilha	
11 - <i>Nobreaks</i>	
12 - Outros (especificar)	

- ✓ O que é aproveitado das sucatas mostradas na tabela a seguir, em termos de materiais como plástico, vidro, placas e metal?

Item	Plástico	Vidro	Metal	Placas
1- Monitor				
2- Teclado				
3- CPU				
4- <i>Mouse</i>				
5- <i>Notebook</i>				
6- Telefone				
7- Estabilizador				
8- Impressora				
9- <i>Switch</i>				
10- Bateria/Pilha				
11 - <i>Nobreaks</i>				
12 - Outros (especificar)				

- ✓ Na fase de descaracterização, a sucata desmontada é prensada no CEDIR? Se sim, qual é a quantidade (em kg ou un.) prensada por vez de plástico, metal, vidro e placas? A máquina leva quanto tempo para prensar?
- ✓ Na sua opinião, projetos como o CEDIR ajudam na conscientização do descarte de lixo eletrônico?
- ✓ Como é feita a divulgação sobre o CEDIR? Tem sido bem aceito pela comunidade universitária e pela sociedade?
- ✓ Em termos de projeto, qual é o valor em reais necessário para implantar um centro de reuso e descarte de lixo eletrônico em uma universidade?
- ✓ Quais foram as principais barreiras e desafios enfrentados para implantar o CEDIR?
- ✓ Quais são as possíveis parceiras que podem facilitar a implantação de um centro de reuso e descarte de lixo eletrônico na universidade?
- ✓ Por favor, explicita outras informações que podem contribuir para a pesquisa.

APÊNDICE E – ROTEIRO DA ENTREVISTA

Roteiro a ser aplicado a órgãos da Universidade Federal de Goiás - UFG, regional Catalão, como a Divisão de Patrimônio e Manutenção de Equipamentos (DPAME) e Centro de recursos computacionais (CERCOMP).

Roteiro semiestruturado

- ✓ Quais são as sucatas eletrônicas mais frequentes no campus?
- ✓ Geralmente, quanto tempo duram os seguintes itens na universidade?

Item	Tempo
1- Monitor	
2- Teclado	
3- CPU	
4- <i>Mouse</i>	
5- <i>Notebook</i>	
6- Telefone	
7- Estabilizador	
8- Impressora	
9- <i>Switch</i>	
10- Bateria/Pilha	
11 - <i>Nobreaks</i>	
12 - Outros (especificar)	

- ✓ Na UFG-RC existe algum programa de incentivo ao descarte correto de lixo eletrônico?
- ✓ O que é feito com a sucata de tecnologia da informação do *campus*? É vendida? Quanto tempo fica estocada?
- ✓ Onde são colocados os equipamentos eletrônicos obsoletos, estragados e não usados na universidade?
- ✓ Existe um período legal para que a sucata eletrônica fique armazenada no *campus*?
- ✓ É realizado algum controle sobre esse estoque de sucata eletrônica? Existe algum registro de equipamentos eletrônicos (monitor, CPU, teclado, *mouse* etc.) estocados ou que já foram descartados?
- ✓ Com qual frequência é gerada/destinada a sucata eletrônica no *campus* (semanal, mensal, trimestral, semestral e/ou anual)?
- ✓ Existe alguma periodicidade para compra de novos equipamentos eletrônicos? Caso sim, com qual frequência?

- ✓ O que é feito com os equipamentos obsoletos (que excedem a vida útil) que apresentam desempenho mínimo para operar?
- ✓ A universidade recebe doações de equipamentos de tecnologia de informação? Caso sim, com qual frequência? Quais itens são doados para a universidade?
- ✓ Quais são os desafios para implantar práticas conscientes de descarte de lixo eletrônico no *campus*?
- ✓ Na sua opinião, propor um centro de reuso e descarte de lixo eletrônico no *campus* ajudaria na conscientização do descarte desse tipo de resíduo?
- ✓ Quais são as possíveis parceiras que poderiam facilitar a implantação de um centro de reuso e descarte de lixo eletrônico na universidade?
- ✓ Haveria área disponível na UFG-RC para construção de um centro de reuso e descarte de lixo eletrônico?
- ✓ Por favor, explicita outras informações que podem contribuir para a pesquisa.

APÊNDICE F – ROTEIRO DA ENTREVISTA

Roteiro a ser aplicado a empresa local de informática e manutenção de computadores.

Roteiro semiestruturado

- ✓ Quais são os componentes eletrônicos mais desmontados?
- ✓ Quais são os horários que se trabalha no desmonte (hora de pico)?
- ✓ Quantas pessoas trabalham na assistência técnica?
- ✓ Quantos monitores são desmontados por dia?
- ✓ Quantos CPUs são desmontados por dia?
- ✓ Quantos mouses são desmontados por dia?
- ✓ Quantos teclados são desmontados por dia?
- ✓ Quantos impressoras são desmontados por dia?
- ✓ Quantos *switches* são desmontados por dia?
- ✓ Quantos estabilizadores são desmontados por dia?
- ✓ Quantos *notebooks* são desmontados por dia?
- ✓ Quantos *nobreaks* são desmontados por dia?
- ✓ Quantos *scanners* são desmontados por dia?
- ✓ Há outros itens não especificados anteriormente? Caso sim, quantos de cada um desses itens são desmontados por dia?
- ✓ Quais são os tempos de desmontagem de CPUs?
- ✓ Quais são os tempos de desmontagem de monitores?
- ✓ Quais são os tempos de desmontagem de mouses?
- ✓ Quais são os tempos de desmontagem de impressoras (jato de tinta, *tonner* etc.)?
- ✓ Quais são os tempos de desmontagem de estabilizadores?
- ✓ Quais são os tempos de desmontagem de *nobreaks*?
- ✓ Quais são os tempos de desmontagem de teclados?
- ✓ Quais são os tempos de desmontagem de *scanners*?
- ✓ Quais são os tempos de desmontagem de *notebooks*?
- ✓ Quais são os tempos de desmontagem de *switches*?
- ✓ Há outros itens não especificados anteriormente? Caso sim, quais os tempos de desmontagem de cada um desses itens?
- ✓ Por favor, explicita outras informações que podem contribuir para a pesquisa.

APÊNDICE G – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Esta dissertação faz parte de um projeto de pesquisa com liberação do Comitê de Ética (CEP) da UFG-Regional Catalão. Toda documentação foi aprovada por este órgão, com numeração CAAE: 90878218.0.0000.8409.