



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

ROGER TRANCOZO DE JESUS

**GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS DO  
SETOR DE INFORMÁTICA EM AGÊNCIAS GOVERNAMENTAIS  
DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

VITÓRIA - ES

2023

ROGER TRANCOZO DE JESUS

**GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS DO  
SETOR DE INFORMÁTICA EM AGÊNCIAS GOVERNAMENTAIS  
DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial à obtenção de grau de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.

Orientadora:

Prof<sup>a</sup>. Dra. Luciana Harue Yamane

Coorientador:

Prof. Dr. Renato Ribeiro Siman

VITÓRIA - ES

2023


# ROGER FRANCOZO DE JESUS

## GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS DO SETOR DE INFORMÁTICA EM AGÊNCIAS GOVERNAMENTAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável na linha de pesquisa em Saneamento Ambiental e Saúde Pública.


Aprovada em 12 de junho 2023.

### COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 LUCIANA HARUE YAMANE  
Data: 12/06/2023 12:52:02-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof<sup>ª</sup>. D.Sc. Luciana Harue Yamane  
Orientadora – PPGES / CT / UFES

Documento assinado digitalmente  
 RENATO RIBEIRO SIMAN  
Data: 17/06/2023 10:34:02-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. D.Sc. Renato Ribeiro Siman  
Coorientador – PPGES / CT / UFES

Documento assinado digitalmente  
 ALVIM BORGES DA SILVA FILHO  
Data: 16/06/2023 14:25:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. D.Sc. Alvim Borges da Silva Filho  
Examinador Interno – PPGES / CT / UFES

Assinado por: **Artur Jorge de Jesus Gonçalves**  
Num. de Identificação: 10603716  
Data: 2023.06.19 11:07:59+01'00'

---

Prof. D.Sc. Artur Jorge de Jesus Gonçalves  
Examinador Externo – TA / ESA / IPB

Em conformidade com as normas prescritas na Portaria Normativa Nº. 08/2021 – PRPPG/UFES, a assinatura do examinador externo (Prof. D.Sc. Artur Jorge de Jesus Gonçalves) foi representada neste documento pela respectiva assinatura da presidente da sessão, Prof<sup>ª</sup>. D.Sc. Luciana Harue Yamane. Ato contínuo, a Sr<sup>ª</sup>. Presidente da banca examinadora atesta que, a defesa foi realizada por meio de videoconferência, ou outro suporte eletrônico a distância equivalente.

Prof<sup>ª</sup>. D.Sc. Luciana Harue Yamane  
Orientadora – PPGES / CT / UFES

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de  
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

J58g Jesus, Roger Trancozo de, 1971-  
Gestão e gerenciamento dos resíduos eletrônicos do setor de  
informática em agências governamentais do Estado do Espírito  
Santo / Roger Trancozo de Jesus. - 2023.  
93 f. : il.

Orientadora: Luciana Harue Yamane.

Coorientador: Renato Ribeiro Siman.

Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de  
Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do  
Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Redução de resíduos. 2. Lixo eletrônico - Reaproveitamento.  
3. Governança pública. 4. Gestão ambiental. 5. Serviços de suporte  
(Gerenciamento). 6. Inclusão digital. I. Yamane, Luciana Harue.  
II. Siman, Renato Ribeiro. III. Universidade Federal do Espírito  
Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 628

---

## DEDICATÓRIA

À Deus, a minha esposa e filha, a minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos orientadores Luciana Yamane e Renato Siman.  
A André Rangel Souza do CEDIR/USP.  
Aos colegas do LAGESA e do PRODEST.  
Aos amigos Sandro Pandolpho e Erika Barbin.  
Aos amigos, amigas e parentes que direta ou indiretamente colaboraram.

## RESUMO

As agências governamentais (AG) são consumidoras de equipamentos computacionais como *workstations*, *notebooks*, impressoras, uma vez que a execução de suas atividades depende diretamente do uso de equipamentos de tecnologia da informação e comunicação (ETIC). Conseqüentemente, os resíduos de equipamentos de tecnologia da informação e comunicação (RETIC) compõe, em grande parte, o montante de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) gerados pelas AG. Ao final do ciclo de vida útil dos REEE das AG, apesar do Brasil possuir um Decreto Federal que determina a destinação obrigatória de REEE de origem doméstica para os sistemas de logística reversa (SLR), de forma controversa, excluem os REEE de origem governamental. A literatura acerca da gestão e o gerenciamento dos RETIC das AG demonstraram que o tema possui escassa abordagem, sendo necessário complementar com estudos que abordam como órgãos públicos institutos de ensino superior (IES). Um levantamento sobre as barreiras do manejo de REEE em AG demonstrou que diversos países em desenvolvimento compartilham barreiras relacionadas a ausência de legislação específica, desconhecimento dos potenciais problemas que os REEE podem causar ao meio ambiente e saúde humana, dentre outros. Oportunidades de gerenciamento de RETIC foram identificadas a partir do levantamento das barreiras, sendo o aumento do ciclo de vida útil, por adiamento das substituições de ETIC ou pelo reuso de RETIC, foram as mais apontadas pelas literaturas. Além disso, uma visita ao Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (CEDIR) da Universidade de São Paulo (USP) forneceu elementos para elaboração de uma proposta de criação de um Centro de Processamento Primário (CPP) de RETIC do Governo no Estado do Espírito Santo (ES). Um levantamento sobre as aquisições e baixas patrimoniais dos ETIC e RETIC do Governo do ES foi realizada a partir da base de dados de movimentações de bens móveis da Secretaria de Estado de Gestão e Recursos Humanos (SEGER) para demonstrar o potencial de geração de RETIC no Estado. Constatou-se a geração de 31 ton/ano de RETIC no Governo do ES, onde cada funcionário público foi responsável por 1,05 kg/ano de geração deste resíduo. Esses dados permitiram comparar a geração de RETIC com outros estudos em IES e AG.

## ABSTRACT

Government agencies (AG) are consumers of computers such as workstations, notebooks, printers, since the execution of their activities depends directly on the use of information and communication technology equipment (ETIC). Consequently, waste information and communication technology equipment (RETIC) largely makes up the amount of waste electrical and electronic equipment (WEEE) generated by AG. At the end of the useful life cycle of WEEE of AG, although Brazil has a Federal Decree that determines the mandatory destination of WEEE of domestic origin for reverse logistics systems (SLR), controversially, exclude WEEE of governmental origin. The literature about management of RETIC of AG has shown that the theme has little approach, and it is necessary to complement it with studies that address higher education institutes (HEIs) as public agencies. A survey on the barriers to WEEE management in AG showed that several developing countries share barriers related to the absence of specific legislation, ignorance of the potential problems that WEEE can cause to the environment and human health, among others. Opportunities for RETIC management were identified from the survey of barriers, and the increase in the useful life cycle, by postponement of ETIC substitutions or by the reuse of RETIC, were the most pointed out by the literature. In addition, a visit to the Center for Discard and Reuse of Informatics Residuals (CEDIR) of the University of São Paulo (USP) provided elements for the elaboration of a proposal for the creation of a Primary Processing Center (CPP) of RETIC of the Government in the State of Espírito Santo (ES). A survey on the acquisitions and write-offs of the ETIC and RETIC of the Government of ES was carried out from the database of movable property movements of the State Secretariat of Management and Human Resources (SEGER) to demonstrate the potential of generating RETIC in the State. It was found the generation of 31ton/year of RETIC in the Government of ES, where each public server was responsible for 1.05 kg/year of generation of this waste. These data allowed us to compare the generation of RETIC with other studies in HEIs and AG.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Protocolo da Revisão Sistemática .....   | 20 |
| Figura 2 – Fluxograma da gestão e aquisição de EEE nas agências governamentais .....  | 34 |
| Figura 3 – Fluxograma da Gerenciamento de REEE nas agências governamentais .....  | 34 |
| Figura 4 – Fluxograma com as relações entre as regulamentações brasileiras para a gestão do REEE de origem doméstica e corporativa (a), e governamental (b) ..... | 35 |
| Figura 5 – Galpão central (a) e outras salas (b, c e d) em agências governamentais do ES com equipamentos eletroeletrônicos armazenados .....                     | 53 |
| Figura 6 – Movimentações dos ETIC e RETIC no período de 2014 a 2022.....  | 58 |
| Figura 7 – Quantidade de funcionários, estudantes, aquisições por ano nas AG do ES .....  | 61 |
| Figura 8 – Quantidade de equipamentos adquiridos entre 2010-2022 (em unidades) por categoria.....   | 62 |
| Figura 9 – Quantidade de ETIC em relação ao ano de sua aquisição .....  | 62 |
| Figura 10 – Tendências das movimentações de multifuncionais no período de 2013 a 2022 ..  | 63 |
| Figura 11 – Fluxograma da gestão e gerenciamento de REEE de origem governamental com proposta de destinação para OCMRR, SLR e CPP .....                           | 74 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 – Detalhamento das ferramentas metodológicas adotadas para o desenvolvimento da pesquisa .....   | 19 |
| Quadro 2 – Categorias utilizadas neste estudo .....   | 25 |
| Quadro 3 – Estudos que abordaram resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados em institutos de educação superior ou agências governamentais.....  | 40 |
| Quadro 4 – Barreiras identificadas na revisão sistemática para gestão e gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados em institutos de educação superior ou agências governamentais ..... | 43 |
| Quadro 5 – Compilação das barreiras da gestão de ETIC e gerenciamento de RETIC de origem governamental, e suas respectivas classificações e relações com as fases do manejo.....                                | 49 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Funcionários Públicos Ativos das AG, SEDU e Estudantes no Estado do Espírito Santo .....                                    | 56 |
| Tabela 2 – Movimentação de ETIC e RETIC da Secretaria de Estado de Educação (em unidades).....   | 56 |
| Tabela 3 – Movimentação de ETIC e RETIC das agências governamentais do ES (exceto SEDU) (em unidades).....                             | 57 |
| Tabela 4 – Movimentação de ETIC e RETIC das AG do ES (em unidade/ano) .....  | 57 |
| Tabela 5 – Distribuição média de ETIC para SEDU e AG no ano de 2022 (em unidades/ano) .....  | 59 |
| Tabela 6 – Médias de portáteis, ETIC, AG, escolas, servidores e estudantes no ano de 2022 no ES (em unidades).....                     | 60 |
| Tabela 7 – Massa (em kg) das categorias de ETIC .....  | 65 |
| Tabela 8 – Indicadores de geração de RETIC nas AG e SEDU .....   | 65 |
| Tabela 9 – Geração de RETIC no Estado do Espírito Santo .....  | 66 |
| Tabela 10 – Indicador de geração de RETIC em IES e AG (em unidades) .....  | 67 |
| Tabela 11 – Média da vida útil dos ativos de ETIC em AG e IES (em anos).....   | 69 |
| Tabela 12 – Valor bruto estimado obtidos com a venda de sucata de PCI de RETIC das AG  | 70 |
| Tabela 13 – Leilões de RETIC por categoria e por ano (valores em R\$) .....  | 70 |
| Tabela 14 – Valores praticados no mês de junho/2023 por tipos de RETIC por um prestador de serviços do CEDIR (valores em R\$/kg) ..... | 71 |
| Tabela 15 – Total de RETIC (em kg) recolhidos no CEDIR no período de 2010 a 2013.....  | 72 |
| Tabela 16 – Tipos RETIC (em unidades) recolhidos no CEDIR no período 2010 a 2013 .....   | 72 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

AG – Agências Governamentais

CCRLR – Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa

CEDIR – Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática

CEE – Conselho Estadual de Educação

CERE – Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral

CidadES – Controle Informatizado de Dados do ES

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COVID – *Corona Virus Disease*

CPP – Centro de Processamento Primário

CPU – *Central Processing Unit*

CRT – *Cathode Ray Tube*

EC – Economia Circular

EEE – Equipamentos Eletroeletrônicos

ES – Espírito Santo

ETIC – Equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação

EUA – Estados Unidos da América

FAMES – Faculdade de Música do Espírito Santo

GBIC – *Gigabit Interfaces Converter*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IES – Instituições de Ensino Superior

IN – Instrução Normativa

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

KVM – *Keyboard, Video, Mouse*

LCD – *Liquid Crystal Display*

LED – *Light Emitting Diode*

LR – Logística Reversa

MP – Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão

OCMRR – Organizações de Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis

PBB – Bifenilos Polibromados

PBDE – Éteres difenílicos polibromados

PCB – Bifenilos policlorados

PCI – Placas de Circuito Impresso  
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos  
POP – Poluentes Orgânicos Persistentes  
RDO – Resíduos Domiciliares  
REEE – Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos  
RETIC – Resíduos de Equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação  
RLU – Resíduos de Limpeza Urbana  
RoHS – *Restrictions of the use of Certain Hazardous Substances*  
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos  
SECONT – Secretaria de Estado de Controle e Transparência  
SEDU – Secretaria de Estado da Educação  
SEGER – Secretaria de Estado da Gestão e Recursos Humanos  
SFP – *Small Form-Factor Pluggable*  
SIGA – Sistema Integrado de Gestão Administrativa  
SLR – Sistema de Logística Reversa  
SRE – Superintendências Regionais de Educação  
TCEES – Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo  
TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação  
UA – União Africana  
UFES – Universidade Federal do Espírito Santo  
UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá  
USP – Universidade de São Paulo  
WIFI ou WI-FI– *Wireless Fidelity*

## **LISTA DE SÍMBOLOS**

Au – Ouro  
Cd – cádmio  
Cr<sup>6+</sup> – Cromo hexavalente  
Hg – Mercúrio  
Pb – Chumbo

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>14</b> |
| 1.1 ESCOPO DA DISSERTAÇÃO .....  | 14        |
| 1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO.....  | 14        |
| 1.3 ESTUDO DE CASO: ESPÍRITO SANTO .....   | 17        |
| 1.4 OBJETIVOS .....  | 18        |
| 1.4.1 Objetivo geral .....   | 18        |
| 1.4.2 Objetivos específicos .....  | 18        |
| 1.5 METODOLOGIA .....  | 19        |
| 1.5.1 Revisão sistemática.....   | 19        |
| 1.5.2 Pesquisa documental.....   | 22        |
| 1.5.3 Tratamento dos dados .....   | 24        |
| 1.5.4 Pesquisas de campo .....   | 26        |
| <b>CAPÍTULO 2 - LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL E NACIONAL RELACIONADA<br/>AOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DE ORIGEM<br/>GOVERNAMENTAL .....</b> | <b>28</b> |
| 2.1 LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL .....   | 28        |
| 2.2 LEGISLAÇÃO NACIONAL.....   | 31        |
| <b>CAPÍTULO 3 - GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE<br/>EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DE ORIGEM GOVERNAMENTAL...</b>                                  | <b>38</b> |
| 3.1 PANORAMA GERAL .....   | 38        |
| 3.2 BARREIRAS PARA A GESTÃO E GERENCIAMENTO DE REEE DE ORIGEM<br>GOVERNAMENTAL .....   | 42        |
| <b>CAPÍTULO 4 - ESTUDO DE CASO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO .....</b>   | <b>52</b> |
| 4.1 GERAÇÃO E MANEJO DO REEE DE ORIGEM GOVERNAMENTAL NO<br>ESPÍRITO SANTO .....  | 52        |
| 4.2 DIAGNÓSTICO DE GERAÇÃO DE RETIC NO PERÍODO DE 2010 A 2022 ....   | 54        |
| 4.3 POTENCIAL DE RECICLAGEM DE RETIC DE ORIGEM GOVERNAMENTAL<br>.....  | 69        |
| <b>CAPÍTULO 5 - PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RETIC DE ORIGEM<br/>GOVERNAMENTAL NO ESPÍRITO SANTO .....</b>   | <b>73</b> |
| 5.1. CENTRO DE PROCESSAMENTO PRIMÁRIO .....  | 76        |
| 5.2 ANÁLISE DE BARREIRAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM CENTRO DE<br>PROCESSAMENTO PRIMÁRIO .....  | 78        |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>82</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>84</b> |

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

### **1.1 ESCOPO DA DISSERTAÇÃO**

Esta dissertação foi organizada para se materializar como produto técnico na forma de livro científico, mas atendendo ao conteúdo mínimo de uma dissertação exigido pelas normas da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), dessa forma, a construção dos capítulos está configurada para este fim.

A Introdução é composta por uma breve contextualização do tema de pesquisa, seguida do detalhamento metodológico do estudo de caso realizado, bem como dos objetivos e ferramentas que embasaram a construção dos capítulos seguintes.

Nos quatro capítulos subsequentes são apresentadas as legislações internacionais e nacionais relacionadas aos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos de origem governamental, seguidas das respectivas barreiras para gestão e gerenciamento, um diagnóstico de geração e manejo tomando como estudo de caso o Espírito Santo, e por fim, uma proposta de gerenciamento de resíduos de equipamentos de tecnologia da informação e comunicação (RETIC) de origem governamental.

### **1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO**

Estudos têm apontado o crescimento da geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), sendo este um dos maiores desafios para a sociedade moderna, no que se refere à destinação (reuso, tratamento e reciclagem) e a disposição final ambientalmente correta dos rejeitos. Os RSU são formados pelos Resíduos Domiciliares (RDO), resultantes das atividades domésticas em áreas urbanas, e pelos Resíduos de Limpeza Municipal (RLU), oriundos de varrição em vias públicas e outros serviços municipais como poda de árvores e limpeza de córregos (BRASIL, 2010).

O padrão de geração tem origem nos hábitos de consumo e no desenvolvimento regional e industrial da população de maneira geral. Como regra, quanto mais desenvolvida uma economia e uma localidade, mais resíduos ela gerará (PARAJULY *et al.*, 2020).

Segundo as Nações Unidas, em 2022, a marca dos 8 bilhões de indivíduos foi atingida, sendo que, somente no Brasil há pouco mais que 215 milhões de habitantes (NAÇÕES UNIDAS,

2022), que geraram no ano de 2020, aproximadamente 82,5 milhões de toneladas de RSU, com uma média de 1,07 kg de resíduo *per capita* por dia (ABRELPE, 2021).

Nos empreendimentos públicos, os resíduos comuns também são descartados junto aos RSU, exceto os bens móveis que possuem registro como patrimônio público. Conseqüentemente, a composição dos RSU é muito diversificada, podendo ser encontradas diferentes categorias de resíduos, tais como restos de alimentos, trapos, embalagens plásticas ou metálicas e até mesmo equipamentos eletrônicos (FERRONATO; TORRETTA, 2019).

A categoria mais desafiadora dos RSU são os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Isto porque são constituídos tanto por elementos valiosos, como o ouro (Au), quanto perigosos para a saúde humana e ambiental, como o chumbo (Pb), e por isso se tornaram um importante e preocupante fluxo de resíduos devido ao seu potencial de reciclagem e suas conseqüências sociais, econômicas e ambientais (GAVRILESCU *et al.*, 2021).

Dada a ampla utilização dos Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE), seus resíduos podem ter origem doméstica ou não-doméstica. Os REEE de origem doméstica são objetos de um Sistema de Logística Reversa (SLR), ainda em fase de implantação no Brasil, após assinatura de um Acordo Setorial (MMA, 2019b), e posteriormente regulamentada pelo Decreto Federal nº 10.240 (BRASIL, 2020).

Já os REEE de origem comercial e industrial, em função da quantidade gerada ou da especificidade das características físicas e químicas, devem ter SLR independentes.

Os REEE de origem não-doméstica são os de uso para fins corporativos, industriais, comerciais, pessoas jurídicas ou governamentais (BRASIL, 2020). O REEE oriundo de Agências Governamentais (AG) não está incluído no Decreto Federal supracitado que regulamenta os REEE de origem doméstica, pois são abarcados pela Lei Federal nº 14.133/2021, conhecida como a nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos, que determina que os bens móveis, como é o caso dos EEE, quando chegam ao fim da vida útil, devem ser leiloados, doados, permutados ou vendidos para outros órgãos públicos (BRASIL, 2021).

Este estudo considera como Agências Governamentais (AG): Instituições de Direito Público das instâncias municipais, estaduais e federais, como prefeituras e secretarias; e dos poderes executivo, legislativo e judiciário, como ministérios, assembleias e tribunais, incluindo as agências de controle, como Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANAEL). Portanto, a gestão e o gerenciamento de REEE de todas



as AG, por falta de uma lei ou regra específica para seu tratamento e destinação, ficam subordinadas apenas a Lei Federal nº 14.133/2021.

No final do ciclo de vida do equipamento eletrônico, devido à obsolescência, fim do suporte pelo fabricante e/ou altos custos para possíveis reparos, a administração pública torna-se potencial geradora de resíduos eletrônicos (VICTOR; KUMAR, 2012; KUMAR; RAWAT, 2018), pois atuam em áreas importantes como educação (AGAMUTHU; KASAPO; NORDIN, 2015; MARQUES; SILVA, 2017), saúde, economia, ciência, tecnologia, agricultura (KITILA; WOLDEMIKAEL, 2019) e segurança pública. Os EEE armazenados nas AG, quando não doados para instituições de interesse público, são baixados como inservíveis ou sucatas e leiloados.

Isso faz com que as opções de gerenciamento dos REEE de origem governamental sejam engessadas e restritas, e que eles se acumulem em locais temporários. Estudos realizados em AG e Instituições de Ensino Superior (IES) reforçam o fato desses locais serem potenciais geradores de resíduos eletrônicos (KUMAR; RAWAT, 2018; OKORHI *et al.*, 2019) pois participam direta e/ou ativamente de processos tecnológicos (MAPHOSA *et al.*, 2023).

As etapas do gerenciamento do REEE de origem governamental (coleta, reuso, armazenamento, doação/leilão/permuta/venda) são estabelecidas dentro de cada AG (BRASIL, 2021) por meio do sistema de controle patrimonial. Este modelo de gestão de REEE engessado prejudica a inserção de materiais de volta ao ciclo produtivo. Dessa forma, deixa-se de promover a Economia Circular (EC) devido às barreiras que dificultam a reciclagem desses resíduos.

Alguns autores reportam, de forma geral, leis restritivas como barreiras legais (BOB *et al.*, 2017; GOMES *et al.*, 2017). Já a obsolescência programada é apontada como uma barreira comercial que afeta todos os consumidores de EEE independente da origem, uma vez que diminui a vida útil dos equipamentos (VICTOR; KUMAR, 2012; GOMES *et al.*, 2017; OPARA, 2020).

Nesse sentido, estudo realizado por Kitila e Woldemikael (2019) questionou o papel das AG e IES no gerenciamento dos REEE, os efeitos produzidos na geração e quão ativas e repercussivas se apresentam na solução do tratamento desses resíduos, além da carência de informações sobre os REEE de origem governamental de maneira geral.

Torna-se, portanto, necessário que políticas de reuso, reciclagem e tratamento desses REEE, bem como a disposição final adequada dos rejeitos desses processos sejam implementadas adequadamente.

O setor público e seus mais diversos atores não podem simplesmente obrigar os usuários domésticos e corporativos a tratarem seus REEE e se eximir da responsabilidade socioambiental pelo tratamento dos resíduos por eles gerados.

Foi observado que o manejo de REEE oriundos de AG é pouco explorado na literatura, principalmente no que tange às entidades governamentais brasileiras. Tendo em face às lacunas identificadas sobre a carência de informações acerca da gestão e gerenciamento dos REEE gerados em AG e das barreiras para promover o reuso e a reciclagem, a presente pesquisa teve como objetivo geral analisar as barreiras para a gestão dos resíduos eletrônicos de origem governamental por meio de um estudo de caso no Espírito Santo.

### 1.3 ESTUDO DE CASO: ESPÍRITO SANTO

O Estado do Espírito Santo é uma das 27 unidades federativas brasileiras e possui 78 municípios. Segundo portal de estatísticas dos estados brasileiros sua população estimada em 2020 ocupava a 15ª posição com 4.064.052 habitantes; e segundo dados de 2018, o funcionalismo na administração pública, defesa e seguridade social somavam 165.964 indivíduos, ficando na 16ª posição nacional (IBGE, 2022).

Conforme site oficial do Governo, o Estado do Espírito Santo possui no poder executivo um total de 54 AG, sendo 23 secretarias, 26 autarquias e cinco empresas públicas, com filiais e escritórios em cada um dos 78 municípios que compõem o Estado (GOVERNO ES, 2021).

No Portal da Transparência do Poder Executivo do Espírito Santo, criado "*para divulgar os dados públicos necessários para o pleno exercício do controle social pelo cidadão*" (PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, 2009), foram coletados e tabulados informações de aquisição, transferência e baixa dos Equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação (ETIC) e dos RETIC das 54 AG do poder executivo, compreendidos no período de 2015 a 2022, incluindo aquisições de equipamentos eletrônicos feitas por filiais e escritórios regionais distribuídos nos municípios do Estado. As informações obtidas foram tabuladas por data de aquisição, tipo de equipamento, quantidade, dentre outras.

Ainda assim, cabe ressaltar que os dados foram adquiridos através de solicitação formal à Secretaria de Estado da Gestão e Recursos Humanos (SEGER) do Estado do Espírito Santo, com base na Lei Federal nº 12.527, conhecida como Lei de Acesso à Informação (BRASIL, 2011).

Apesar de adotar o ES para o estudo de caso, como as AG estão submetidas às mesmas legislações, os resultados obtidos aproximam-se em amostragem do que ocorre com os REEE nos órgãos públicos brasileiros.

A escolha das AG como objeto de estudo justifica-se pelo seu potencial na geração de REEE, pois são consumidores de ETIC. Isso porque são usuários de EEE no nível organizacional, como agências do governo em todas as esferas, empresas do setor público, bancos, instituições de ensino, multinacionais e grupos empresariais privados (KUMAR; RAWAT, 2018). Regularmente ocorrem substituições de estações de trabalho, equipamentos de apoio como projetores, impressoras e periféricos como teclados e mouses. Vale ressaltar que as AG ligadas à pesquisa e saúde demandam diversos EEE laboratoriais, utilizados para aferir parâmetros biológicos, físicos e químicos. Estes equipamentos também são relevantes para a geração de REEE nas agências.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo geral

Este estudo visa identificar as barreiras para a gestão e o gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos de origem governamental, de forma a embasar uma proposta para a gestão e gerenciamento desses resíduos com base num diagnóstico de geração realizado no Espírito Santo.

### 1.4.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, inicialmente, o Capítulo 2 teve por objetivo apresentar uma revisão sistemática da literatura acerca da legislação relacionada aos REEE de origem governamental. O Capítulo 3 visou identificar as barreiras para a gestão e o gerenciamento de REEE de origem governamental. Já o Capítulo 4 buscou diagnosticar a geração e o manejo de RETIC de origem governamental por meio de um estudo de caso no Espírito Santo. Por fim, o Capítulo 5 visou apresentar uma proposta para o gerenciamento de RETIC nas AG do ES.

## 1.5 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento dos objetivos específicos supracitados foram realizadas revisão sistemática e pesquisa documental, conforme detalhado no [Quadro 1](#), e pesquisa de campo.

Quadro 1 – Detalhamento das ferramentas metodológicas adotadas para o desenvolvimento da pesquisa

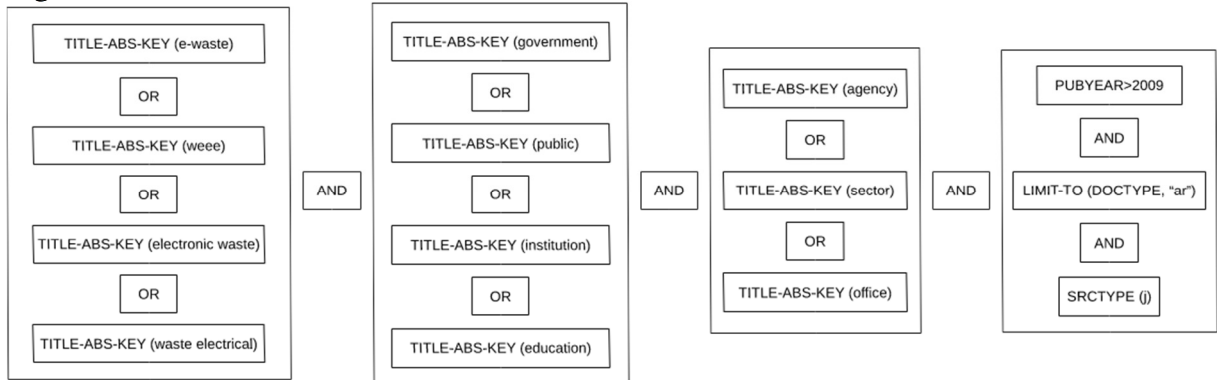
| CAPÍTULO | OBJETIVOS   | FERRAMENTA  | PORTAL                         | PERÍODO     | TERMOS DE BUSCA   |
|----------|---|---|--------------------------------|-------------|---|
| 2        | Levantar legislação pertinente em nível internacional e nacional                                  | <b>Revisão sistemática</b> por meio do mapeamento bibliométrico com programação em linguagem R, através da ferramenta Bibliometrix (ARIA; CUCCURULLO, 2017) e RStudio®. | <i>SCOPUS e Web of Science</i> | 2009 a 2023 | <i>("management") and ("waste electrical" or "weee" or "e-waste" or "electronic waste") and ("government" or "public" or "institution" or "education") and ("agency" or "sector" or "office")</i> |
| 3        | Identificar e categorizar barreiras do manejo de REEE em AG                                       |   |                                |             |   |
| 5        | Identificar oportunidades de gerenciamento de RETIC a partir das barreiras                        |   |                                |             |   |
|          | Avaliar boas práticas de manejo para gestão de RETIC em AG  |   |                                |             |   |
| 4        | Identificar e categorizar as movimentações de ETIC e RETIC do Governo do Estado do Espírito Santo | <b>Pesquisa documental</b> na base de dados do sistema unificado de controle de ativos do Governo do ES   | SIGA                           | 2010 a 2022 | "acessórios", "desktops", "monitores", "multifuncionais", "notebooks", "óptico", "roteadores", "servidores", "tablets", "workstations" e "outros"   |
|          | Apresentar indicador de geração de RETIC de origem governamental                                  |   |                                |             |   |

Fonte: Elaborado pelo autor. Legenda: AG - Agências Governamentais; ETIC - Equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação; RETIC - Resíduos de Equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação; SIGA - Sistema Integrado de Gestão Administrativa.

### 1.5.1 Revisão sistemática

Foi realizada uma revisão sistemática considerando os estudos sobre gestão e gerenciamento de REEE de origem governamental. Também se valeu das abordagens das IES como outros atores da cadeia produtiva do REEE governamental. Para tanto, foi realizada uma busca sistemática nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science* utilizando o protocolo da [Figura 1](#).

Figura 1 – Protocolo da Revisão Sistemática



Fonte: Adaptado de Faria *et al.* (2021).

Como o estudo se baseia na gestão e gerenciamento de REEE, os termos equivalentes de "*waste electrical and electronic equipment*" foram utilizados. Para abranger o setor público foram utilizados os termos "*government*", "*public*", "*institution*" e "*education*" combinados com expressões "*agency*", "*sector*" e "*office*" que caracterizam este setor. Alguns termos eventualmente utilizados para assuntos governamentais como "*national*", "*state*" e seus sinônimos, traziam falso positivos e não foram considerados.

A busca sistemática limitou-se ao tipo de fonte "periódico" e o tipo de documento "artigo" e considerou publicações a partir de 2009, pois considerando apenas os artigos recentes (últimos cinco anos), o retorno foi escasso.

Um total de 207 artigos foram encontrados na base *Web of Science*, enquanto a base *Scopus* trouxe 193 artigos. Equiparando as bases com o auxílio de *scripts* no RStudio® para identificação de duplicatas foram obtidos 319 artigos.

A revisão iniciou-se com a leitura de todos os títulos e palavras chaves. Os artigos que satisfaziam a pergunta: "A gestão ou o gerenciamento de REEE de origem governamental é abordada?" foram selecionados para revisão do resumo, conclusão e posteriormente leitura completa. Também foram encontrados artigos nos referenciais e na função "citado por" existente nas bases de conhecimento.

Um total de 51 artigos foram selecionados, sendo 41 em IES, nove em AG e um em ambos. Das pesquisas realizadas nas IES, 24 foram em instituições públicas, seis em privadas e 11 foram com os participantes da instituição quanto aos seus hábitos no tratamento do REEE. Dois estudos abordaram o gerenciamento dos REEE em AG e um artigo considerou dados obtidos em AG e institutos educacionais. Para este estudo não foram considerados os artigos que

abordaram o gerenciamento de REEE em IES privadas e ainda os que pesquisaram os hábitos de consumo e tratamento do EEE pessoais de frequentadores dos IES.

Considerados de grande valia os estudos sobre “padronização da identificação e rastreamento dos EEE e REEE” de Kumar; Rawat (2018), o estudo de Faria *et al.* (2021) sobre “geração real e estimada dos REEE numa agência federal”, bem como o estudo de Victor; Kumar (2012) sobre proposta para minimizar efeitos da obsolescência programada nos ETIC alugados pelo Governo da Índia. No entanto, como não abordam especificamente o gerenciamento de REEE, estes estudos não foram considerados. Como resultado dessa varredura, temos apenas quatro artigos que tratam do gerenciamento de REEE em AG, relacionados diretamente com o estudo de caso.

Como o portfólio bibliométrico é escasso e há estudos que justificaram os IES públicas como equivalentes a AG, uma vez que estão subordinadas à mesma legislação (KITILA; WOLDEMIKAEL, 2019; VASILENKO; GURAUSKIENĖ; VARŽINSKAS, 2009), esta pesquisa também se apoiou nos estudos sobre gestão e gerenciamento de REEE realizados em IES públicos.

Conforme já abordado, as AG são potenciais geradoras de REEE e os estudos reportados, apesar de não numerosos, são mais comuns nas IES, e neste *locus* foram encontrados estudos nos seguintes países: Brasil (ANDRADE; FONSECA; MATTOS, 2010; GOMES *et al.*, 2017; MORALES, 2014; PAES *et al.*, 2017), Etiópia (KITILA, 2015), Itália (BONOLI *et al.*, 2018), Lituânia (VASILENKO; GURAUSKIENĖ; VARŽINSKAS, 2009), Malásia (AGAMUTHU; KASAPO; NORDIN, 2015), Nigéria (OPARA, 2020; OLANIYAN *et al.*, 2020), Quênia (ODHIAMBO, 2009), Estados Unidos da América (BABBITT; WILLIAMS; KAHHAT, 2011) e Zimbábue (MAPHOSA; MAPHOSA, 2020). Esses artigos foram lidos na íntegra e são apresentados nos Quadros [2](#) e [3](#), que compilam os estudos e as barreiras identificadas para gestão e gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados em institutos de educação superior ou agências governamentais.

Por fim, no [Quadro 4](#) todas as barreiras identificadas foram categorizadas por dimensões, sendo: Ordem Econômica e/ou Financeira; Capacitação e Designação de Funções; Normativo, Cultural e Social; Administrativas; Estrutural e Tecnológica.

Para as fases de manejo foram atribuídos identificadores com letras conforme segue: (A) Aquisição/Armazenamento; (B) Instalação/Aplicação; (C) Extensão de Uso; (D) Armazenamento Temporário pelo Desuso; (E) Reparo/Remanufatura; (F) Destino (incluir as etapas anteriores); e (G) Disposição Final.

Em AG, apenas os estudos realizados por Bob *et al.* (2017), Kitila e Woldemikael (2019), Okorhi *et al.* (2019) e Maphosa *et al.* (2022) foram encontrados evidenciando a lacuna de pesquisa. Dessa forma, para elaborar o panorama da gestão e gerenciamento do REEE de origem governamental foi necessário realizar pesquisas de campo, conforme detalhado no item [1.5.4](#).

### **1.5.2 Pesquisa documental**

A SEGER é o órgão do poder executivo do Estado do Espírito Santo responsável pela elaboração de estudos para revisões de políticas estaduais; planejar, coordenar e executar as atividades de recursos humanos, administrativas e patrimoniais; promover e implementar políticas e diretrizes relacionadas à modernização institucional do setor público estadual. Por ser responsável pelas atividades de administração e patrimônio, cabe a esta a gestão da movimentação de bens móveis do Governo do Estado, ou seja, aquisição, transferência, doação e baixa dos ativos fixos (SEGER, 2004).

O Sistema Integrado de Gestão Administrativa (SIGA) é um aplicativo online que consolida e centraliza as informações sobre os recursos de gestão administrativa estadual. Foi adquirido pela SEGER no ano de 2009 e foi gradualmente implantado em todas as secretarias estaduais até 2014. O SIGA possui bancos de dados para padronização e especificação de itens em forma de catálogo, formação de banco de preços, gerenciamento de processos de compras, contratos e convênios, controle de bens de consumo, de móveis e imobiliárias. É no SIGA que se encontra a base de dados de movimentação de ETIC das secretarias do Estado do Espírito Santo utilizada neste estudo (SIGA, 2023).

A Secretaria de Estado da Educação (SEDU) é órgão responsável pela formulação e implementação das políticas públicas de governo que garantam o direito do cidadão à educação, a avaliação dos resultados da educação básica e a implantação da educação profissionalizante de nível técnico. Além da sede, estão sob sua responsabilidade 433 escolas, 11 Superintendências Regionais de Educação (SRE), a Faculdade de Música do Espírito Santo (FAMES) e o Conselho Estadual de Educação (CEE), totalizando 447 unidades (SEDU, acesso em 21 abr. 2023), bem como 271.731 estudantes (PAINEL DE CONTROLE, acesso em 21 Abr 2023), e 21.435 servidores nos quadros de atuação do magistério, efetivos, designação temporária e administrativo (PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, acesso em 21 abr. 2023). A SEDU é o órgão público que mais movimenta ETIC no Estado do Espírito Santo.

A Secretaria de Estado de Controle e Transparência (SECONT) é órgão responsável pelo controle orçamentário e divulgação de dados sobre gastos públicos estaduais. Em 2009 a SECONT criou o Portal da Transparência, sendo este um site para a divulgação dos dados públicos orçamentários, tais como despesas, receitas, compras, pessoal entre outras informações do erário. Através do portal foi possível coletar o quantitativo de funcionários da SEDU atuantes até dezembro de 2022 (PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, Acesso em 21 abr. 2023).

O Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo (TCEES) é um órgão de controle do poder judiciário responsável por fiscalizar as contas, finanças, orçamentos, operações e patrimônio do Estado, em 78 municípios, e demais entidades da administração direta e indireta, quanto à legalidade, legitimidade e economicidade (TCEES, 1957).

O TCEES recebe dados dos diversos órgãos públicos do Espírito Santo através do sistema Controle Informatizado de Dados do ES (CidadES). Dentre as informações recebidas há controle social, contas, folha de pagamento, atos de pessoal e contratações. Com o objetivo de disponibilizar informações em formato simples e acessível, para que se possa acompanhar a aplicação dos recursos públicos, foi desenvolvido um módulo do sistema CidadES por meio de um painel online.

Chamado de Painel de Controle, o sistema permite controlar a utilização dos investimentos públicos pelos órgãos públicos municipais e estaduais. O painel online usa exibições de informações financeiras e econômicas, saúde, educação e pessoal, resultados de auditorias, dentre outras. Algumas de suas fontes auxiliares de dados são o IBGE para acesso aos mapas dos municípios, dados geográficos e estimativas populacionais, e o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), que fornece o número de alunos da rede municipal (PAINEL DE CONTROLE, 2020).

Devido à acessibilidade dos dados, foi escolhido como objeto do estudo os ETIC adquiridos e os RETIC gerados nas AG do Estado do Espírito Santo que possuía 61.227 funcionários no poder executivo estadual até dezembro de 2022 (PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, 2023). As informações baseiam-se principalmente em dados obtidos como resultado de pesquisas realizadas no sistema unificado de controle de ativos do governo local, denominado SIGA. Essa fonte apresentou dados importantes como descrição dos ETIC, ano de aquisição, permuta entre agências, doações e baixas dos equipamentos.



### 1.5.3 Tratamento dos dados

Os registros de aquisição de equipamentos começaram em 2010, mas incluem bens móveis desde 2005. Como primeiro refinamento, foi incluído em cada arquivo os indicadores "aquisição", "transferência", "doação" e "baixa" para mapear a origem dos dados e permitir a comparação. Como as descrições dos ativos não são padronizadas, outro filtro foi aplicado classificando-os como "acessórios", "desktops", "monitores", "multifuncionais", "notebooks", "óptico", "roteadores", "servidores", "tablets", "workstations" e "outros".

Na revisão seguinte, foram eliminados 2066 itens classificados como "óptico" que correspondem a um projeto específico, e ao final do seu ciclo de vida, como operavam integrados, o conjunto todo foi baixado e leiloado. Os itens categorizados como "outros" compunham um conjunto de ferramentas e mobiliários que foram erroneamente incluídos em EEE. Esta pesquisa manteve todos os tipos de EEE que apresentaram a quantidade de ativos igual ou superior a um item.

O SIGA atual foi implantado em 2010 e gradualmente as agências foram sendo migradas para o novo sistema de gestão administrativa. A carga inicial de dados era composta apenas pelas informações dos bens que estavam em uso. Verificou-se que as primeiras baixas neste sistema iniciaram em 2014. Não se obteve acesso aos dados do sistema de gestão administrativa anterior chamado ÀGORA.

Dentre os EEE, os eletrodomésticos de grande e pequeno porte, equipamentos de consumo e esportes, lâmpadas, ferramentas elétricas, dispositivos médicos, inclusos na classificação de Forti *et al.* (2020), e que apesar de comporem o parque tecnológico das agências, não tiveram seus dados solicitados por não serem objeto desta pesquisa, que focou apenas em ETIC.

O [Quadro 2](#) apresenta as categorias utilizadas neste estudo e conjunto de ETIC descritos na base de dados do SIGA (2023).

Quadro 2 – Categorias utilizadas neste estudo

| <b>Categorias</b>   | <b>ETIC descritos na base de dados</b>   |
|---------------------|--|
| acessórios          | discos rígidos, <i>kit</i> multimídia, memórias, câmeras, estabilizadores, rádios, <i>no-breaks</i> , <i>racks</i> , <i>transceivers</i> , <i>patch panels</i> , placas de rede ou <i>wifi</i> |
| multifuncionais     | copiadoras, <i>scanners</i> , digitalizadores, impressoras <i>laser</i> , impressoras jato de tinta, impressora matricial, <i>plotters</i>   |
| monitores           | CRT, LCD, LED, projetores, quadros digitais, telas de projeção   |
| <i>notebooks</i>    | <i>laptops</i> , <i>netbooks</i> , <i>chromebooks</i> , <i>ultrabooks</i> , <i>macbooks</i>  |
| roteadores          | <i>switchs</i> , <i>routers</i> , <i>access points</i> , <i>firewalls</i> , <i>KVMs</i>  |
| <i>workstations</i> | <i>All-in-Ones</i> , <i>desktop</i> com monitor  |
| servidores          | <i>blades</i> , <i>tape data</i> , <i>HD storage</i>   |
| <i>desktops</i>     | CPU, torre, computador   |
| <i>tablets</i>      | <i>iPads</i> , celulares   |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Devido à falta de padronização na descrição dos EEE na base de dados das AG, nove categorias de ETIC foram estabelecidos, conforme segue. Os dispositivos que auxiliam ou ampliam o funcionamento dos ETIC, tais como discos rígidos, *kit* multimídia, memórias, câmeras, estabilizadores, rádios, *no-breaks*, *racks*, transceptores compactos do tipo Small Form-Factor Pluggable (SFP) ou Gigabit Interfaces Converter (GBIC), *patch panels*, placas de rede ou Wireless Fidelity (*wifi*), foram agrupados como acessórios. Na categoria acessórios foram agrupados discos rígidos, *kit* multimídia, memórias, câmeras, estabilizadores, rádios, *no-breaks*, *racks*, transceptores compactos do tipo SFP ou GBIC, *patch panels*, placas de rede ou *wifi*. Em *notebooks* constam os portáteis que possuem, em equipamento único, unidade central de processamento (CPU do acrônimo em inglês *Central Processing Unit*), monitor, teclado e *mouse*; neste grupo foram incluídos os *laptops*, *netbooks*, *chromebooks*, *ultrabooks* e *macbooks*. Os portáteis que possuem tela sensível ao toque e CPU integrados, incluindo os *iPads* e celulares, foram organizados em um grupo específico chamado *tablets*. Os computadores de grande porte, ou seja, com elevada capacidade de processamento e armazenamento como as *blades* e *tape data* ou *HD storage*, foram classificados como servidores.

Nos roteadores foram agrupados os equipamentos comutadores de rede como *switchs*, *routers*, *access points* e *KVMs*. Nas multifuncionais foram englobados as copiadoras, *scanners*, digitalizadores com ou sem impressoras *laser*, jato de tinta, matricial e *plotters*. As telas do tipo *Cathode Ray Tube* (CRT), *Liquid Crystal Display* (LCD), *Light Emitting Diode* (LED), projetores, quadros digitais e telas de projeção foram classificadas como monitores.

Um dispositivo multifuncional é todo e qualquer aparelho com diversas funções. Com o avanço da tecnologia, tornou-se comum agrupar vários utilitários em um único ETIC. Os dispositivos são integrados com funções de fax, telefone, impressora, copiadora e scanner. Os ETIC

multifuncionais substituíram as impressoras e são utilizados em residências, empresas de todos os segmentos e AG.

As áreas de controle de bens das AG, na maioria das vezes, separavam o monitor e o computador, chamando-o de CPU, gabinete ou *desktop*. Os *mouses* e teclados raramente eram patrimoniados, porém faziam parte do que consideravam *desktop*. Sendo assim, neste estudo, ao conjunto composto de *monitor*, *desktop*, teclado e *mouse* foi atribuído o nome de *workstation*. Foram incluídos neste grupo os modelos *all-in-one* – literalmente “tudo-em-um”, sendo este um equipamento que integra CPU e monitor, e são entregues com teclado e mouse. Por meio do estudo de caso do Estado do Espírito Santo foi elaborado um panorama da gestão e gerenciamento de REEE de origem governamental. Esta pesquisa focou na geração de RETIC, em especial computadores (*notebooks*, *desktops*, *all-in-one*) e seus periféricos tais como telas, multifuncionais, servidores, roteadores e *switches* de rede dentre outros, por serem os EEE mais utilizados nestas AG.

#### **1.5.4 Pesquisas de campo**

De forma complementar foram realizadas pesquisas de campo com dois objetivos: (i) mapear a gestão e o gerenciamento do REEE de origem governamental e (ii) conhecer um centro de referência de manejo de REEE de origem governamental.

O mapeamento da gestão e o gerenciamento do REEE de origem governamental parte da inquietação do autor, servidor público desde 2010 no Departamento de Extensão da Rede Metropolitana de Fibra Óptica do Governo do Estado do Espírito Santo. Por meio dessa posição, teve acesso a todos as 54 AGs e dezenas de filiais associadas em várias cidades do Estado para vistoria pré-conexão e posteriormente auditorias dos ETIC permutados. As vistorias nas AG possibilitaram acompanhar a recepção de ETIC adquiridos e acúmulo temporário de RETIC nas substituições de parques tecnológicos.

Desde o lançamento deste estudo em agosto de 2020, vistorias e auditorias inerentes ao trabalho executado, foram utilizadas como estudos de campo com diálogo com gestores públicos responsáveis pela gestão da ETIC e RETIC local. As interações com os gestores públicos foram realizadas em um ambiente informal, sem registro de falas ou uso de questionários. O registro fotográfico do galpão central e das AG incluídos na [Figura 5](#) foi realizado em setembro de 2020, quando o estudo aqui apresentado foi iniciado. As informações da base de dados fornecida pela

SEGER juntamente com a pesquisa de campo embasaram o estudo de caso apresentado no [Capítulo 4](#).

O Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática, que já atua no manejo de REEE da Universidade de São Paulo, de seus professores, alunos e comunidade no entorno, funciona desde 2009, inclusive com projetos sociais de inclusão digital (MORALES, 2014).

Foi realizada uma visita técnica no mês de outubro de 2022 ao CEDIR com o objetivo de compreender a dinâmica do manejo dado aos RETIC recebidos. As informações coletadas embasaram a proposta apresentada no [Capítulo 5](#).

## **CAPÍTULO 2 - LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL E NACIONAL RELACIONADA AOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DE ORIGEM GOVERNAMENTAL**

Um dos desafios da gestão de resíduos é a elaboração e aplicação de legislações específicas para os REEE. Segundo Forti *et al.* (2020), dos 180 países estudados, cerca de 44% possuem legislação, política ou regulamentação nacional de REEE em vigor, e nos que não possuem legislação nacional específica, há o predomínio de países em desenvolvimento, conforme a seguinte distribuição percentual de países por continente: 35% na África, 29% na Ásia, 24% nas Américas, 11% na Oceania e 1% na Europa.

A existência de legislação específica, a conscientização do público sobre o descarte correto de REEE (MIGLIANO; DEMAJOROVIC; XAVIER, 2014; MIHAI *et al.*, 2019), a falta de instalações adequadas para recepção dos resíduos (NNOROM; OSIBANJO, 2008), dentre outros fatores podem conduzir ao descarte indiscriminado ou inadequado de REEE com o resíduo doméstico (AZEVEDO *et al.*, 2017; ISLAM; DIAS; HUDA, 2021).

A implementação de legislação específica de REEE deve ter validade nacional (ISLAM; HUDA, 2019), ser monitorada através de marcos temporais (PAUL *et al.*, 2012), com diagnósticos de eventuais barreiras do processo e mecanismos que comportem sugestões de melhorias (ESTEVAM, 2019).

Diante do exposto, neste capítulo, primeiramente é apresentado um breve referencial teórico com as principais regulamentações internacionais e nacionais relacionadas a gestão do REEE.

### **2.1 LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL**

As principais legislações internacionais relacionadas aos REEE de forma geral são as Convenções da Basileia, de Estocolmo e de Bamako, bem como as Diretivas 2011/65/UE e 2012/19/UE.

O Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito, conhecido por **Convenção da Basileia**, é um tratado que visa proteger o meio ambiente e a saúde humana ante os efeitos nocivos de resíduos classificados como perigosos, dentre os quais, destaca-se o REEE. A Convenção preconiza que a importação, exportação e o trânsito de resíduos perigosos, não podem ocorrer sem o consentimento prévio e explícito dos órgãos competentes nos países

de destino. O controle também favorece acordos multilaterais que buscam coibir o tráfico ilegal de resíduos perigosos, para o adequado gerenciamento desses resíduos, prevendo intensa cooperação internacional (IBAMA, 2022).

Na União Europeia, o tema REEE foi tratado primeiramente pela Diretiva 2002/96/CE de 27 de janeiro de 2003, sendo reformulada pela **Diretiva 2012/19/UE** de 4 de julho de 2012, que está em vigor. Esta Diretiva busca promover a produção e consumo sustentáveis, principalmente através da prevenção da geração de REEE, além da reutilização, reciclagem e outras formas a valorização destes resíduos, minimizando sua eliminação; promover a utilização eficiente de recursos naturais e recuperação de valiosas matérias-primas secundárias; e também melhorar o desempenho ambiental de todos os operadores ("*stakeholders*") envolvidos no ciclo de vida do EEE: fabricantes, distribuidores e consumidores, especialmente aqueles diretamente envolvidos na coleta e tratamento de REEE (DIRETIVA 2012/19/UE). A diretiva europeia estabelece dez categorias de EEE contrapondo as quatro categorias brasileiras citadas pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI).

Cabe salientar que nos países da União Europeia a geração de REEE nas AG é equiparada a geração das corporações industriais ou comerciais, que seguem as mesmas obrigações da Diretiva 2012/19/EU que determina a destinação para empresas com certificação ambiental para o tratamento de REEE.

A União Europeia tem buscado ampliar a abordagem da reciclagem, e aplicar o princípio da economia circular. Como exemplo, uma Instituição Pública da Espanha, da Região de Castela e Leão, que cuida da Administração do Patrimônio Público Nacional, elaborou edital considerando a aquisição de computadores de reuso. A exemplo da Espanha, pode-se formalizar, nos processos de aquisição, o apelo para se comprar o ETIC recondicionado.

Além disso, a aquisição de RETIC é tão importante quanto a destinação e o critério ambiental deve ser considerado. A aquisição de ETIC de qualidade gerará RETIC de qualidade. A ampliação do tempo de garantia (acima dos costumeiros três anos) e manutenção obrigatória com confecção de peças por até dez anos, encarece o produto final. O tema Restrição de Substâncias Perigosas Específicas é conhecido pela sigla em inglês RoHS (*Restrictions of the use of Certain Hazardous Substances*) e foi tratada pela Diretiva 2002/95/CE de 27 de janeiro de 2003, que após reformulação resultou na **Diretiva 2011/65/UE** de 8 de junho de 2011 atualmente em vigor.

Esta diretiva estabelece regras para restringir o uso de substâncias perigosas como mercúrio (Hg), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo hexavalente (Cr<sup>6+</sup>), bifenilos polibromados (PBB) e éteres difenílicos polibromados (PBDE) em EEE, quando essas substâncias representarem um risco para a saúde humana ou para o meio ambiente, incluindo a valorização e eliminação ambientalmente correta de REEE.

A **Convenção de Estocolmo** é um tratado internacional destinado a proteger a saúde humana e o meio ambiente dos danos causados por Poluentes Orgânicos Persistentes (POP). Entrou em vigor em 2004 e abrangia inicialmente 12 substâncias químicas. Atualmente abrange 28 substâncias químicas e possui 186 países que a ratificaram.

Os POPs são compostos orgânicos resistentes à degradação no meio ambiente por processos químicos, biológicos e fotolíticos. A Convenção abrange no seu escopo obrigações para que os países adotem medidas de controle relativas a todas as etapas do ciclo de vida, incluindo produção, importação, exportação, descarte e uso de substâncias classificadas como POP (ONU, 2019). O Brasil ratificou a convenção em 2004. Na produção de EEE, são utilizados cabos, fios e placas que contêm substâncias retardadoras de chama, os bifenilos policlorados (PCB), classificados como POP.

A **Convenção de Bamako**, elaborada pela Organização da Unidade Africana (atual União Africana - UA), em Mali, em janeiro de 1991, trata da Proibição da Importação para África e o Controle do Movimento Transfronteiriço e Gestão de Resíduos Perigosos na África. Entrou em vigor em 1998 após a negociação e adesão de vários países do continente africano. Esta Convenção visa proibir a importação de todos os resíduos perigosos, por qualquer motivo, para a África de partes não contratantes. Mesmo as partes que não são signatárias da Convenção da Basileia estão proibidas de exportar REEE para a África. A Convenção buscou apresentar uma resposta mais incisiva sobre o comércio e disposição ilegal de resíduos perigosos no continente africano.

A União Africana declarou que o despejo de resíduos nucleares e perigosos na África é um crime contra a África e seu povo, determinando assim a proibição total da importação destes tipos de resíduos, minimizando assim a disposição irregular de resíduos perigosos em termos de volume e riscos potenciais (GBEDEMAH, 2020).

Ausência de legislação e/ou regulamentações sobre REEE e falta de instalações para o gerenciamento de REEE são alguns dos entraves que criam problemas ambientais e de saúde humana afetando países em desenvolvimento como Zimbábue, Gana, África do Sul, Quênia e

Egito que por anos receberam REEE importados ilegalmente (BIMIR, 2020; CHEN; FAIBIL; AGYEMANG, 2020; MAPHOSA; MAPHOSA, 2020; MAPHOSA *et al.*, 2022) de países desenvolvidos como Alemanha, Reino Unido, Bélgica, Estados Unidos da América, dentre outros (FORTI *et al.*, 2020).

## 2.2 LEGISLAÇÃO NACIONAL

O Brasil ratificou e internalizou a Convenção de Basileia através do Decreto Federal nº 875, de 19 de julho de 1993 e do Decreto Federal nº 4.581, de 27 de janeiro de 2003, que adaptaram à realidade nacional e definiram os resíduos controlados e os perigosos. Adicionalmente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), instituiu a Resolução nº 452 de 02 de julho de 2012 que estabelece restrições para os resíduos classificados como "controlados".

A definição de REEE foi primeiramente descrito no Decreto Federal nº 4.581, de 27 de janeiro de 2003, que fez Emenda e adoção de anexos à Convenção, através do Anexo VIII, Lista A, alínea A1180, da seguinte forma:

*“Resíduos ou sucata de conjuntos elétricos ou eletrônicos que contenham componentes tais como acumuladores e outras baterias [...], chaves de mercúrio, vidros de tubos de raios catódicos e outros vidros ativados e capacitadores de PCB, ou contaminados com elementos do Anexo I (por exemplo, cádmio, mercúrio, chumbo, bifenila policlorada) a ponto de adquirirem quaisquer das características (perigosas) contidas no Anexo III” (BRASIL, 2003).*

No Brasil, a Instrução Normativa (IN) nº 01 de 19 de janeiro de 2010 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MP) estabeleceu padrões de sustentabilidade ambiental para aquisição de bens, contratos de prestação de serviços ou obras executadas pela administração pública direta federal, autarquias e fundações, fazendo menção ao cumprimento da diretiva europeia RoHS (MMA, 2019a).

A **Lei Federal nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010, que estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), define princípios, objetivos e diretrizes à gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, bem como a responsabilidade dos geradores e poder público. O REEE encontra amparo legal na lei em seu Art. 33, incisos II e VI, conforme segue:

Art. 33. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa (LR), mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

[...]

II - pilhas e baterias;

[...]



## VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010).

A PNRS em seu Art. 9º determina a ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos que são: “*não geração, redução, **reutilização**, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos*” (BRASIL, 2010).

Após o Acordo Setorial assinado pelas entidades envolvidas no setor de eletroeletrônicos, foi instituído o **Decreto Federal nº10.240/2020**, que regulamentou o SLR de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico (BRASIL, 2020). Este Decreto complementa a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em seu Art. 33 inciso VI, trazendo maior clareza ao tema do gerenciamento de REEE, estabelecendo marcos para implantação nacionalmente.

O Decreto supracitado que trata da LR obrigatória para os REEE, bem como a PNRS são instrumentos legais que orientam a destinação de resíduos eletroeletrônicos em âmbito nacional. No entanto, o Decreto isenta as agências públicas dessa obrigatoriedade quando expressa os seguintes artigos e incisos (grifos nosso):

Art. 3º Para **fins do disposto neste Decreto**, considera-se:

[...]

XVIII - **uso não doméstico** - os usos não mencionados no inciso XVII, tais como o **uso para fins governamentais** ou corporativos, o uso industrial e o uso comercial por pessoa jurídica, nos termos do disposto no art. 5º.

[...]

Art. 5º **Não constituem objeto deste Decreto:**

I - **produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso não doméstico**, incluídos os produtos de uso corporativo e os produtos utilizados em processos produtivos por usuários profissionais (BRASIL, 2020).

O **Decreto Federal nº 10.340**, de 6 de maio de 2020, em seu Art. 14, altera o Decreto Federal nº 9.373, de 11 de maio de 2018, que dispõe sobre “*a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequadas de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional*”.

A alteração flexibiliza as possibilidades de doação de ETIC para organizações da sociedade civil de interesse público ou não, desde que participem da promoção gratuita da educação e da inclusão digital. Cabe salientar que o Decreto faz menção apenas a administração pública federal, ou seja, não disciplina as administrações estaduais e municipais quanto as destinações e disposição final ambientalmente correta. Mesmo sendo um avanço, na prática estão transferindo a responsabilidade pela gestão de seus REEE, uma vez que não preveem o retorno

dos equipamentos ao final do seu ciclo de vida para disposição final ambientalmente adequada ou tratamento.

Mesmo existindo regulamentações específicas e a obrigatoriedade da destinação final dos REEE, o país enfrenta dificuldades na gestão dos REEE. Há também controvérsias nas responsabilidades atribuídas ao poder público e sua isenção na obrigatoriedade da LR para os REEE gerando em AG, conforme determinam os Decretos Federais nº9.373/2018 (BRASIL, 2018) e nº10.240/2020 (BRASIL, 2020).

O já citado **Decreto Federal nº 9.373/2018** é o dispositivo legal que busca orientar os possíveis destinos para os bens móveis da federação, fazendo inclusive menção direta a equipamentos de tecnologia da informação. No entanto, não foge do que é previsto na Lei Federal nº 14.133 de 1º de abril de 2021 ou sua antecessora a Lei Federal nº 8.666 de 21 de junho de 1993, como doação e cessão entre entes federados, estaduais, municipais ou de interesse público como organizações não governamentais, desde que previamente cadastradas.

A sistemática de aquisição de bens móveis e controle patrimonial das AG é agora regida pela **Lei Federal nº 14.133/2021 – Nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos** (BRASIL, 2021). As etapas do gerenciamento de REEE governamentais estão atreladas ao Capítulo IX que trata das “alienações” e são descritas no Art. 76 conforme segue (grifos nosso):

Art. 76. A **alienação de bens da Administração Pública**, subordinada à existência de interesse público devidamente justificado, será precedida de avaliação e obedecerá às seguintes normas:

[...]

II - **tratando-se de bens móveis**, dependerá de licitação na modalidade **leilão**, dispensada a realização de licitação nos casos de:

a) **doação**, permitida exclusivamente para fins e uso de interesse social, após avaliação de oportunidade e conveniência socioeconômica em relação à escolha de outra forma de alienação;

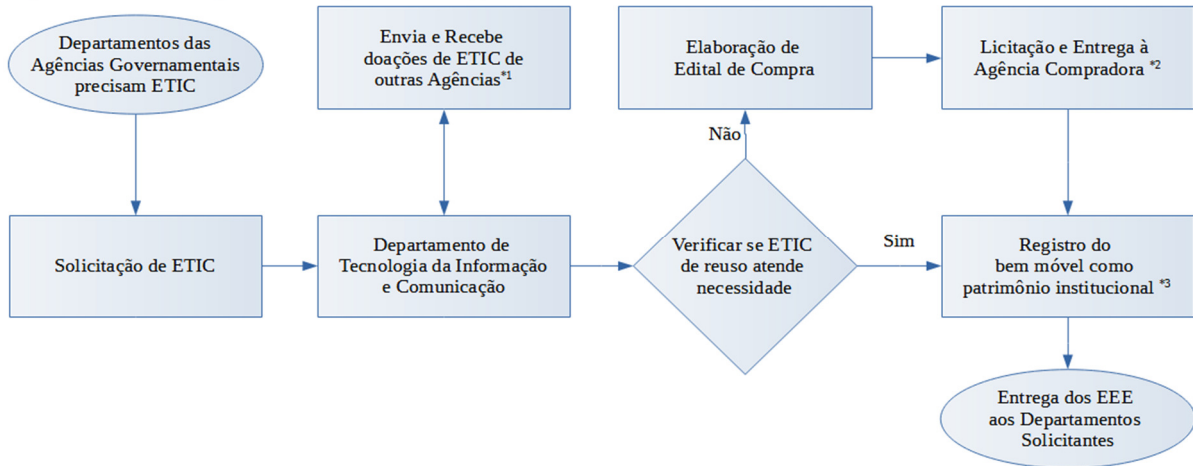
b) **permuta**, permitida exclusivamente entre órgãos ou entidades da Administração Pública;

[...]

f) **venda de materiais e equipamentos sem utilização** previsível por quem deles dispõe para outros órgãos ou entidades da Administração Pública (BRASIL, 2021).

Em países como Etiópia, Nigéria e África do Sul, o procedimento de aquisição e destinação de EEE é similar ao brasileiro (BOB *et al.*, 2017; KITILA; WOLDEMIKAEEL, 2019; OKORHI *et al.*, 2019). A [Figura 2](#) apresenta o fluxograma com a sistemática de aquisição de EEE.

Figura 2 – Fluxograma da gestão e aquisição de EEE nas agências governamentais

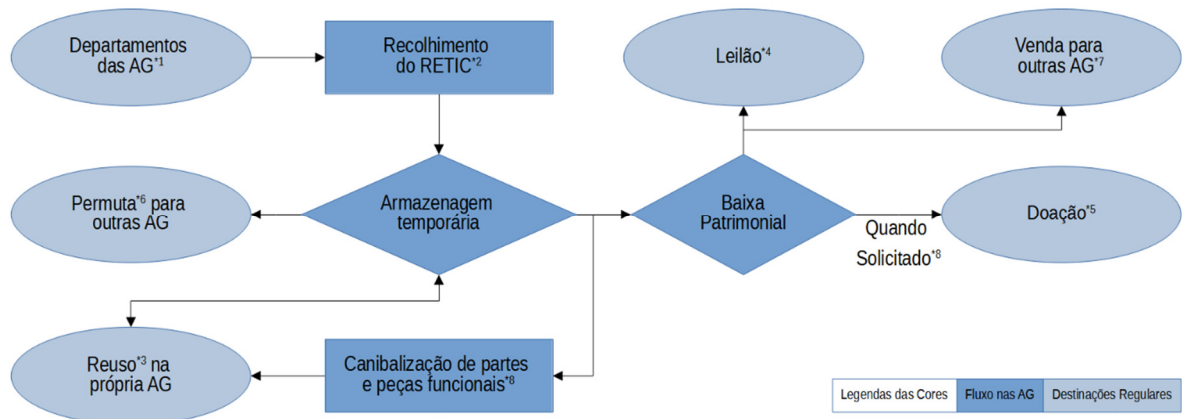


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos seguintes atos normativos: \*1 - Art. 8º, Inciso III do Decreto Federal 9.373/2018; \*2 - Art. 76, Inciso II da Lei Federal 14.133/2021; \*3 - Art. 94 e 95 da Lei Federal 4.320/1964.

Como pode ser observado na [Figura 2](#), a aquisição de ETIC, que compõem boa parte dos EEE adquiridos, segue este fluxo. Deve-se notar que existem leis específicas para enviar e receber doações de bens móveis entre AG. Uma vez encerrada a vida útil, o então RETIC segue outro fluxo comum a todos REEE.

A [Figura 3](#) apresenta o fluxograma do gerenciamento dos REEE nas agências governamentais.

Figura 3 – Fluxograma da Gerenciamento de REEE nas agências governamentais



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos atos normativos. \*1 - Solicitação de Recolhimento dos RETIC; \*2 - Quando Avariados ou Obsoletos; \*3 - Art. 9º da Lei Federal 12.305/2010; \*4 - Art. 76, Inciso II da Lei Federal 14.133/2021; \*5 - Art. 76, Inciso II, alínea "a" da Lei Federal 14.133/2021; \*6 - Art. 76, Inciso II, alínea "b" da Lei Federal 14.133/2021; \*7 - Art. 76, Inciso II, alínea "f" da Lei Federal 14.133/2021; \*8 - Não aplicado a todos os RETIC; Legenda: AG - Agências Governamentais; RETIC - Resíduos de Equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação.

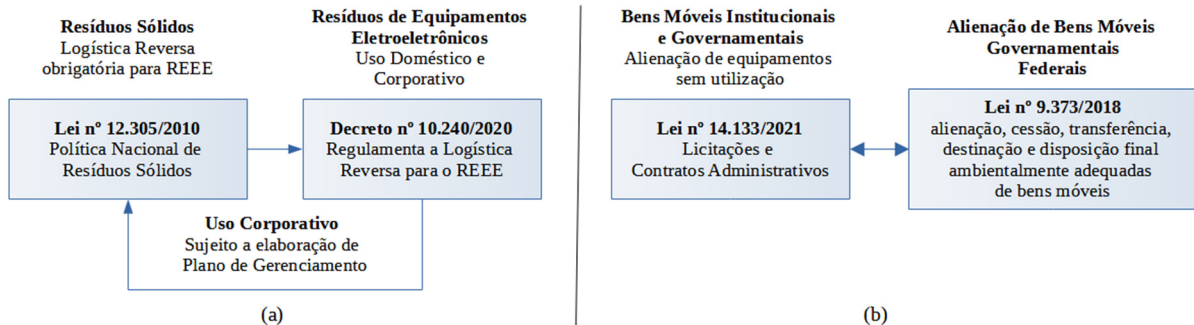
Conforme ilustrado na [Figura 3](#), os RETIC seguem este fluxo, comum a todos os REEE nas AG, com todas as saídas pautadas em atos normativos. A de se observar que a legislação visa destinar bens móveis para saídas que não caracterizem prejuízo ao erário nacional.

As determinações supracitadas da Lei Federal nº 14.133/2021 restringem a colaboração com empresas da iniciativa privada nos procedimentos de reciclagem dos REEE governamentais (BRASIL, 2021). Dessa forma, o sistema de gestão de REEE governamental perde a capacidade de realizar acordos para usufruir de elementos da cadeia produtiva e LR, deixando assim de reduzir o custo operacional e viabilizar o gerenciamento da cadeia de REEE.

Essa exclusão também prejudica a inserção de materiais de volta ao ciclo produtivo, uma vez que limita a participação da indústria e gera um armazenamento inadequado e volumoso de equipamentos (GOMES *et al.*, 2017; OKORHI *et al.*, 2019; OPARA, 2020). Dessa forma, criou-se um modelo de gestão de REEE governamental inadequado que deixou de promover uma EC devido principalmente às barreiras legais, que dificultam a destinação desses resíduos.

A [Figura 4](#) demonstra as relações das legislações brasileiras quanto ao REEE governamental.

Figura 4 – Fluxograma com as relações entre as regulamentações brasileiras para a gestão do REEE de origem doméstica e corporativa (a), e governamental (b)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além das regulamentações relacionadas na [Figura 4](#), no Estado do Espírito Santo foi sancionada a Lei Estadual nº 9.941, de 29 de novembro de 2012, que dispõe das "*normas e procedimentos para a coleta seletiva, o gerenciamento e a destinação final do "lixo tecnológico" e dá outras providências*". De acordo com esta Lei, todas as empresas que vendem, representam ou fabricam EEE devem disponibilizar postos de coleta para receberem REEE, independentemente de o equipamento ser um produto vendido pela empresa.

Em 2022, o Decreto Federal nº 10.936, que regulamentou a PNRS de 2010, estabeleceu, dentre outros instrumentos, a forma de implantação da LR para resíduos sólidos. Segundo o Decreto,

os sistemas de LR serão implementados e operacionalizados por meio de instrumentos como: I - acordos setoriais; II - regulamentos editados pelo Poder Público; ou III - termos de compromisso.

Em relação aos REEE, o Decreto Federal nº10.936 revogou o Inciso IV do Art 5º do Decreto Federal 10.240, estabelecendo a obrigatoriedade da LR para componentes eletroeletrônicos individualizados e não fixados aos produtos eletroeletrônicos, uma vez que não eram abarcados.

E por fim, o Decreto Federal nº11.413, de 13 de fevereiro de 2023, instituiu o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa - CCRLR, o Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral - CERE e o Certificado de Crédito de Massa Futura, no âmbito dos sistemas de LR de que trata o art. 33 da Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.

As organizações governamentais poderiam agregar valor à sua imagem se buscassem aderência aos certificados deste Decreto. Cabe ressaltar também o crescente uso de EEE, acelerado com o momento pandêmico da COVID-19, que influenciou, da educação básica ao ensino superior, a aceleração da implementação de aulas *online* (DAYADAY; GALLETO, 2022), assim como a prestação de vários serviços públicos com a introdução ou ampliação do teletrabalho, o que consequentemente eleva o consumo de ETIC e futura geração de RETIC em AG.

De acordo com o Decreto Federal nº10.240/2020, os consumidores, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e entidades gestoras de EEE são as partes interessadas que devem atuar diretamente no gerenciamento do REEE (BRASIL, 2020).

As partes interessadas no caso dos REEE de origem governamental são: 1) AG como geradoras e acumuladoras de equipamentos; 2) Outras agências e Organizações de interesse público, como as ONGs que lidam com jovens e idosos: no reuso de equipamentos funcionais de tecnologia da informação e comunicação (TIC); 3) Empresas participantes dos leilões de sucatas e inservíveis (recicladores) na recepção e segregação de partes e peças de maior complexidade no desmonte e armazenamento e que emita certificado de destinação; e poderiam participar 4) Organizações de Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis (OCMRR), na recepção, triagem e segregação de partes e peças de baixa complexidade, no desmonte e que possuam valor agregado.

No entanto, os ETIC adquiridos pelas AG, não possuem amparo legal que defina a responsabilidade compartilhada entre as partes interessadas. As equipes que atuam nos departamentos de aquisição (compras) e de controle de bens móveis (setor de patrimônio) das

AG seguem normas e procedimentos que se apoiam na legislação para dar ampla concorrência e maior vantajosidade ao erário público (SEGER, 2020). Trazer para a gestão de REEE de AG uma abordagem socioambiental permitirá que os RETIC possam ser encaminhados aos fabricantes ou partes interessada para um tratamento mais adequado.

## CAPÍTULO 3 - GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DE ORIGEM GOVERNAMENTAL

### 3.1 PANORAMA GERAL

Os REEE de origem doméstica e corporativa apresentam heterogeneidade, sendo assim caracterizados por ampla variedade de equipamentos, enquanto os institucionais e governamentais apresentam homogeneidade, ou seja, maior uniformidade de equipamentos (DAVIS; WOLSKI, 2009; KUMAR; RAWAT, 2018). Apesar do tema gestão de REEE ser muito explorado em diversos artigos, nem todos contemplam ou separam por origem de geração.

As AG, assim como as IES, produzem uma diversidade complexa de REEE, uma vez que atuam nas mais diversas áreas (KUMAR; RAWAT, 2018), com equipamentos que vão de cronômetros a aparelhos de raio-X, dentre muitos outros. Por isso, as AG e as IES não podem fugir à sua responsabilidade socioambiental (GOLLAKOTA; GAUTAM; SHU, 2020).

Alguns aspectos da gestão foram abordados em numerosas análises sobre os REEE de origem doméstica, corporativa e institucional, tais como: cenário global da geração e gestão (MIHAI *et al.*, 2019; SHITTU; WILLIAMS; SHAW, 2021), gestão nos países em desenvolvimento (CAIZAGUANO *et al.*, 2020; GOLLAKOTA; GAUTAM; SHU, 2020; IBANESCU *et al.*, 2018; IKHLAYEL, 2018), papel na EC (BONOLI *et al.*, 2018; FETANAT; TAYEBI; SHAFIPOUR, 2021), LR e cadeia de valor (ISLAM; HUDA, 2018; MIGLIANO; DEMAJOROVIC; XAVIER, 2014).

Há estudos feitos no *locus* universitário, porém coletando informações entre os professores, alunos e funcionários, abordando temas como: hábitos pessoais de reuso, descarte, crenças e conhecimentos sobre gerenciamento de resíduo eletrônico nos USA (ARAIN *et al.*, 2020) e Zimbábue (MAPHOSA *et al.*, 2022); comportamento dos jovens consumidores em relação ao resíduo eletrônico na Austrália (ISLAM; DIAS; HUDA, 2021); legislação, produção educacional e responsabilidade social para reduzir problemas com REEE em Portugal (MARQUES; SILVA, 2017); resíduos de aparelhos celulares (*m-waste* segundo os autores) no Butão (ZANGPO *et al.*, 2016); campanha universitária de reciclagem de REEE em Quito, no Equador (DALGO *et al.*, 2015); vida útil dos EEE e motivos para atualização/substituição, depósito e descarte dos REEE no Iraque (ARIF; AFROZ, 2014); conscientização e comportamento pró-ambiental sobre REEE em Gana (EDUMADZE *et al.*, 2013) e na Turquia

(DENIZ; AYDIN; KIRAZ, 2019); e programa de educação ambiental com foco em REEE da UKM na Malásia (CHIBUNNA *et al.*, 2012), ou seja, buscaram informações sobre a gestão de REEE na comunidade no entorno das universidades.

O [Quadro 3](#) apresenta uma compilação dos estudos encontrados sobre resíduos eletrônicos de origem institucional (IES) e em AG.



Quadro 3 – Estudos que abordaram resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados em institutos de educação superior ou agências governamentais

| Fonte de dados                         | Resíduo            | Origem   | Públicas | Privadas | Cidades  | País          | Autores                                  |
|--|--------------------|----------|----------|----------|--|---------------|--|
| Questionários                          | RETIC              | AG       | Sim      | Sim      | Harare (capital)   | Zimbábue      | Maphosa <i>et al.</i> , 2022             |
| Pesquisa bibliográfica                 | RETIC              | IES      | Sim      | Não      | River States   | Nigéria       | Opara, 2020                              |
| Questionários                          | REEE               | IES      | Sim      | Sim      | Garantiu sigilo das instituições                                   | Zimbábue      | Maphosa; Maphosa, 2020                   |
| Pesquisa bibliográfica                 | RETIC              | IES      | Sim      | Sim      | Mundial  | Equador       | Caizaguano <i>et al.</i> , 2020          |
| Questionários e entrevistas            | REEE               | IES e AG | Sim      | Não      | Adis Abeba (capital)   | Etiópia       | Kitila; Woldemikael, 2019                |
| Questionários                          | REEE               | AG       | Não      | Não      | Estados de Abia, Anambra, Ebonyi, Enugu e Imo.                     | Nigéria       | Okorhi <i>et al.</i> , 2019              |
| Pesquisa bibliográfica                 | RETIC              | IES      | Sim      | Sim      | Várias   | Itália        | Bonoli <i>et al.</i> , 2018              |
| Pesquisa bibliográfica                 | REEE               | IES      | Sim      | Não      | Itajubá, Minas Gerais  | Brasil        | Paes <i>et al.</i> , 2017                |
| Questionários                          | RETIC              | IES      | Sim      | Não      | Quatro Unidades em três cidades do Espírito Santo                  | Brasil        | Gomes <i>et al.</i> , 2017               |
| Questionários e entrevistas            | REEE               | AG       | Não      | Não      | Municípios distritais e locais                                     | África do Sul | Bob <i>et al.</i> , 2017                 |
| Questionários e entrevistas            | + RETIC que outros | IES      | Sim      | Sim      | Ambo Town  | Etiópia       | Kitila, 2015                             |
| Questionários                          | RETIC              | IES      | Sim      | Sim      | Klang Valley, Kuala Lumpur   | Malásia       | Agamuthu; Kasapo; Nordin, 2015           |
| Pesquisa bibliográfica                 | RETIC              | IES      | Sim      | Não      | Arizona  | EUA           | Babbitt; Williams; Kahhat, 2011          |
| Questionários e Pesquisa bibliográfica | RETIC              | IES      | Sim      | Sim      | Natal  | Brasil        | Andrade; Fonseca; Mattos, 2010           |
| Questionários e entrevistas            | REEE               | IES      | Sim      | Não      | Garantiu sigilo das instituições                                   | Lituânia      | Vasilenko; Gurauskienė; Varžinskas, 2009 |
| Questionários e entrevistas            | RETIC              | IES      | Sim      | Não      | Eldoret, Nairobi, Kenyatta, Jomo Kenyatta, Njoro, Kisumu, Kakamega | Quênia        | Odhiambo, 2009                           |
| Pesquisa bibliográfica                 | RETIC              | IES      | Sim      | Não      | Griffth University   | Austrália     | Davis; Wolski, 2009                      |

Fonte: Elaborado pelo autor. Legenda: RETIC - Resíduos de Equipamento de Tecnologia da Informação e Comunicação; REEE – Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico; IES – Instituto de Educação Superior; AG - Agências Governamentais; EUA - Estados Unidos da América.

Apesar de serem reportados estudos, tais como os citados no [Quadro 3](#), poucos fornecem uma imagem holística cobrindo os aspectos da geração e tratamento dos REEE de origem governamental, incluindo a responsabilidade socioambiental, questões econômicas, controvérsias legais e estratégias para lidar com estas situações (AHIRWAR; TRIPATHI, 2021; ISLAM; HUDA, 2018; PRITI; MANDAL, 2019).

Pesquisa nas IES na cidade de River na Nigéria diagnosticou que as universidades não possuem registros precisos ou inventários de aquisição de ETIC, geração e descarte de RETIC nas instituições (OPARA, 2020), onde podemos inferir que AG passam pela mesma dificuldade.

No caso do REEE gerado em IES e AG, os ETIC são os mais frequentes (AGAMUTHU; KASAPO; NORDIN, 2015; MAPHOSA; MAPHOSA, 2020; OPARA, 2020; MAPHOSA *et al.*, 2022). Estudo de Victor; Kumar (2012) na Índia destaca que os ETIC em AG são alugados. Nessas IES e AG, uma prática habitual é a montagem de ETIC funcionais a partir de partes e/ou peças operacionais de equipamentos avariados (BONOLI *et al.*, 2018; KITILA; WOLDEMIKAEL, 2019; PAES *et al.*, 2017).

Estes equipamentos avariados ou canibalizados, obrigatoriamente ficam armazenados quando considerados inservíveis, conforme legislação vigente (ANDRADE; FONSECA; MATTOS, 2010; CAIZAGUANO *et al.*, 2020; DAVIS; WOLSKI, 2009; GOMES *et al.*, 2017; KITILA, 2015; MAPHOSA, 2021; ODHIAMBO, 2009).

Em parques informáticos de AG é costumeiro a presença de equipamentos idênticos. Como há equivalência entre suas partes e peças, é usual a busca, em equipamentos armazenados, por peças funcionais para substituição e reparo (BOB *et al.*, 2017; VASILENKO; GURASKIENĖ; VARŽINSKAS, 2009).

O *upgrade* em EEE é a ampliação da capacidade de armazenamento e/ou processamento. São exemplos de *upgrade* o aumento da quantidade de memória física, instalação de mais discos internos para aumentar a área de armazenamento de dados e instalação de uma segunda tela para aumentar a área de visão (BABBITT; WILLIAMS; KAHHAT, 2011; OPARA, 2020).

Por fim, contribuem para a geração crescente de REEE nos IES e AG a finalização do prazo de garantia de funcionamento proposto pelos fornecedores e/ou fabricantes, custo da substituição menor que o custo da reposição ou substituição de peças, constantes atualizações dos programas que funcionam em computadores que exigem dos equipamentos maior capacidade de: processamento de dados, memória de armazenamento, velocidade de transmissão, dentre outras possibilidades, ou seja, as IES e AG participam marcadamente na geração de REEE

(AGAMUTHU; KASAPO; NORDIN, 2015; DAYADAY; GALLETO, 2022; KITILA; WOLDEMIKAEL, 2019).

### 3.2 BARREIRAS PARA A GESTÃO E GERENCIAMENTO DE REEE DE ORIGEM GOVERNAMENTAL

Finalmente, por meio da revisão sistemática foram identificadas as barreiras para gestão e gerenciamento de REEE gerados em IES e AG, sendo apresentadas no [Quadro 4](#).

Quadro 4 – Barreiras identificadas na revisão sistemática para gestão e gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados em institutos de educação superior ou agências governamentais

(continua)

| Barreiras  | Autores                      |             |                        |                                 |                           |                             |                             |                           |                            |                          |              |                                |                                 | Origem                         |  |                |                     |                               |                         |
|--|------------------------------|-------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--|----------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------|
|  | Maphosa <i>et al.</i> , 2022 | Opara, 2020 | Maphosa; Maphosa, 2020 | Caizaguano <i>et al.</i> , 2020 | Kritla; Woldemikael, 2019 | Okorhi <i>et al.</i> , 2019 | Bonoli <i>et al.</i> , 2018 | Paes <i>et al.</i> , 2017 | Gomes <i>et al.</i> , 2017 | Bob <i>et al.</i> , 2017 | Kritla, 2015 | Agamuthu; Kasapo; Nordin, 2015 | Babbitt; Williams; Kahhat, 2011 | Andrade; Fonseca; Mattos, 2010 | Vasilenko; Gurauskienė; Varžinskas, 2009 | Odhiambo, 2009 | Davis; Wolski, 2009 | Institutos de Ensino Superior | Agências Governamentais |
| Não há política, legislação ou regulamentação específica para gestão de REEE   | X                            | X           | X                      | X                               | X                         | X                           |                             | X                         |                            | X                        | X            | X                              |                                 |                                | X  |                | X                   | X                             | X                       |
| Falta de conscientização sobre riscos do descarte inadequado de REEE   | X                            |             |                        | X                               |                           |                             |                             | X                         |                            | X                        | X            |                                |                                 | X                              |  | X              | X                   | X                             | X                       |
| Não há usina de reciclagem, centro de triagem/tratamento ou programa de coleta seletiva de EEE usados  | X                            | X           |                        |                                 | X                         |                             |                             | X                         |                            |                          | X            |                                |                                 |                                |  |                | X                   | X                             | X                       |
| Armazenagem inadequada e numerosa de REEE  | X                            | X           |                        |                                 | X                         | X                           |                             |                           | X                          |                          | X            |                                |                                 |                                |  |                |                     | X                             | X                       |
| Não há programas ou avaliação com fins de reutilização, separação ou segregação de REEE  | X                            | X           |                        |                                 |                           | X                           |                             |                           | X                          | X                        |              |                                |                                 |                                | X  |                |                     | X                             | X                       |
| Não há monitoramento da geração ou descarte de REEE  | X                            | X           |                        |                                 | X                         |                             |                             |                           |                            | X                        |              |                                | X                               |                                |  |                |                     | X                             | X                       |
| Barreiras relacionados a aspectos administrativos, econômicos e socioculturais (países em desenvolvimento)   | X                            |             |                        |                                 | X                         |                             |                             | X                         |                            |                          |              | X                              |                                 | X                              |  |                |                     | X                             | X                       |
| Dificuldades na doação, leilão ou venda para se desfazer do passivo ambiental (REEE)   | X                            | X           |                        |                                 |                           |                             |                             |                           |                            |                          |              |                                |                                 | X                              | X  |                |                     | X                             | X                       |
| Ausência ou desconhecimento acerca do cumprimento da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos REEE (fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes) | X                            |             |                        |                                 | X                         |                             |                             |                           |                            |                          | X            |                                |                                 | X                              |  |                |                     | X                             | X                       |

Quadro 4 – Barreiras identificadas na revisão sistemática para gestão e gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados em institutos de educação superior ou agências governamentais

(conclusão)

| Barreiras  | Autores                      |             |                        |                                 |                           |                             |                             |                           |                            |                          |              |                                | Origem                          |                               |  |                |                     |                               |                         |
|--|------------------------------|-------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--|----------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------|
|  | Maphosa <i>et al.</i> , 2022 | Opara, 2020 | Maphosa; Maphosa, 2020 | Caizaguano <i>et al.</i> , 2020 | Kitila; Woldemikael, 2019 | Okorhi <i>et al.</i> , 2019 | Bonoli <i>et al.</i> , 2018 | Paes <i>et al.</i> , 2017 | Gomes <i>et al.</i> , 2017 | Bob <i>et al.</i> , 2017 | Kritla, 2015 | Agamuthu; Kasapo; Nordin, 2015 | Babbitt; Williams; Kahhat, 2011 | Andrade; Fonseca; Matos, 2010 | Vasilenko; Gurauskienė; Varžinskas, 2009 | Odhiambo, 2009 | Davis; Wolski, 2009 | Institutos de Ensino Superior | Agências Governamentais |
| Barreiras financeiras e tecnológicas (obsolescência, inovação, avaria) |                              |             | X                      |                                 | X                         |                             |                             |                           |                            | X                        |              |                                |                                 |                               |  |                |                     | X                             | X                       |
| Inventários desatualizados ou ausentes para a aquisição de EEE         |                              | X           |                        |                                 |                           |                             |                             |                           |                            |                          |              |                                | X                               |                               |  |                |                     | X                             |                         |
| Falta de envolvimento com organizações de catadores                    |                              |             |                        |                                 | X                         |                             |                             |                           |                            |                          |              |                                |                                 |                               |  |                |                     | X                             | X                       |
| Relutância do governo em pagar a taxa de reciclagem                    |                              |             |                        |                                 | X                         |                             |                             |                           |                            |                          |              |                                |                                 |                               |  |                |                     | X                             | X                       |
| Importações ilegais de REEE  | X                            |             | X                      |                                 |                           |                             |                             |                           |                            |                          |              |                                |                                 |                               |  |                |                     | X                             |                         |
| Descarte de REEE misturado com outros resíduos                         | X                            | X           |                        |                                 |                           |                             |                             |                           |                            |                          |              |                                |                                 |                               |  |                |                     | X                             | X                       |

Fonte: Elaborado pelo autor. Legenda: EEE – Equipamento Eletroeletrônico; REEE – Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico.

Conforme apresentado no [Quadro 4](#), é possível perceber que a barreira mais citada na literatura é a ausência de uma política, legislação ou regulamentação específica para gestão de REEE, que tem papel norteador, sendo exposto em quase 70% dos artigos. Com exceção da Austrália, todos os trabalhos que mencionaram esta barreira foram desenvolvidos em países em desenvolvimento. Contudo, essa incidência é esperada, pois países em desenvolvimento frequentemente priorizam o desenvolvimento à custa do meio ambiente e, portanto, dão pouca atenção em regulamentar a maneira com que tratam de questões como o REEE.

Nessa mesma linha, também se destaca a falta de conscientização sobre os riscos que o descarte inadequado de REEE trazem à saúde humana e ao meio ambiente, com alguns autores ressaltando a necessidade da criação de campanhas de educação ambiental.

As usinas de reciclagem, centros de tratamento de REEE e programas de coleta seletiva fazem parte da cadeia de gerenciamento, contudo, apenas seis artigos citaram a necessidade desses espaços. Isso porque, como os EEE são bens móveis patrimoniáveis das IES e AG, faz-se necessário o armazenamento temporário dos equipamentos para doação, reparo, ou ainda, leilão, conforme exposto anteriormente.

Ainda, 35% dos autores relataram que este armazenamento ocorre de forma desorganizada e, em alguns casos, por períodos que chegam a durar anos. Isso prejudica a possibilidade de remanufatura/reuso, pois o equipamento continua se torna obsoleto enquanto é armazenado prolongadamente e pode inclusive ser danificado. Ou seja, a etapa seguinte que envolveria o tratamento é interrompida em função do armazenamento temporário prolongado.

A obsolescência criou ciclos bienais e/ou trienais de lançamentos de EEE (VICTOR; KUMAR, 2012), que naturalmente passam a fazer parte da rotina de compra de novos EEE e baixa dos anteriormente adquiridos, sem necessariamente precisar das substituições. A inovação que geralmente traz equipamentos mais eficientes convoca os usuários a considerarem a substituição de seus parques tecnológicos. Não menos importante a avaria de EEE, convida os usuários a consultarem o custo da manutenção, que muitas vezes está paralelo ao custo de aquisição de um novo equipamento.

Em função dessa especificidade do armazenamento obrigatório do REEE de origem governamental, a criação de programas internos para avaliação da reutilização de EEE usados certamente estenderiam a vida útil de outros EEE. No entanto é uma decisão que depende de espaço, ferramentas e mão de obra, que nem todas as instituições e agências dispõem para sua

execução. Dos autores, apenas seis consideram como necessária ou importante a criação desse tipo de espaço.

Revisões das literaturas como as realizadas por Shittu; Williams; Shaw (2021) sobre gerenciamento global de REEE; Islam e Huda (2018) sobre LR e EC de REEE; e Victor; Kumar, (2012) sobre obsolescência de ETIC governamentais, apontam o reuso e a reciclagem de equipamentos como forma de mitigar o impacto ambiental destes resíduos, assim como outras externalidades positivas propiciadas por tal atividade.

O levantamento do inventário de aquisição de EEE é uma prática comum nas IES e AG e é executada pela área responsável pelo registro de patrimônios, tanto que foi citada por apenas 12% dos artigos. No entanto, 29% dos trabalhos citaram a necessidade de se fazer um inventário da geração de REEE e dos equipamentos descartados. Esta sugestão certamente traria rastreabilidade sobre os REEE e poderia contribuir para a minimização do prazo de armazenamento. Kumar e Rawat (2018) acrescentam que a sugestão de um sistema de inventário relacionado a EEE ajudaria o esforço global de monitoramento de REEE.

Diferentemente dos países desenvolvidos, as barreiras relacionadas a aspectos administrativos, econômicos e socioculturais nos países em desenvolvimento são maiores, sendo ressaltados por 29% dos autores. Neste aspecto, chama a atenção a citação do descarte de REEE junto com outros resíduos e a importação de REEE de forma ilegal. Nos países desenvolvidos as campanhas de conscientização e regulamentações específicas são as ferramentas utilizadas para informar sobre estas barreiras.

Em relação às doações, leilões e vendas, apenas quatro artigos que tratam de IES reportam essa barreira administrativa. Neste quesito é importante ressaltar a imposição legal que regem estas destinações. Vale ressaltar que em alguns casos o artifício da doação ou da venda a preços simbólicos representa um escape das obrigações socioambientais, e esta é engessada pela lei, numa espécie de controvérsia legal.

No Brasil, a participação em leilão de sucatas de REEE não exige certificação para tratamento ou destinação ambientalmente adequada, bastando apenas a inscrição e o interessado não possuir nenhuma restrição junto a Receita da Fazenda Federal. Na União Europeia há empresas licenciadas para o tratamento dos REEE, e no caso dos REEE domésticos, eventualmente há a figura dos comerciantes intermediários que não possuem licenciamento.

Nesse sentido, cerca de 24% dos artigos trazem a discussão da controvérsia legal que se aplica à falta de responsabilidade compartilhada entre IES ou AG e responsabilidade estendida entre os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes e a municipalidade, já que no Brasil, a obrigatoriedade da LR se aplica somente aos REEE de origem doméstica, comercial e industrial.

A responsabilidade estendida do produtor para os ETIC foi abordada na Etiópia (KITILA; WOLDEMIKAEL, 2019) e Índia (VICTOR; KUMAR, 2012). As pesquisas na Etiópia, África do Sul e Índia propõem modelos de gestão de REEE (BOB *et al.*, 2017; KITILA; WOLDEMIKAEL, 2019; KUMAR; RAWAT, 2018).

Outros estudos apresentaram propostas de gerenciamento de REEE para universidades como Davis e Wolski (2009) na Austrália e Paes *et al.* (2017) no Brasil, com uma pesquisa-ação do tratamento do REEE da própria Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Já no *campus* da Universidade de São Paulo (USP), localizado na capital do estado de São Paulo – Brasil, foi implantado um bem-sucedido modelo de gestão de REEE, denominado Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (CEDIR), com práticas de reuso, reciclagem e descarte adequado, inicialmente atendendo as demandas da instituição e posteriormente dos usuários, ou seja, alunos, professores e funcionários (CARVALHO *et al.*, 2008). É referência positiva na gestão de resíduo eletrônico de origem institucional, e teve seu modelo expandido para os *campi* das cidades de Piracicaba, Pirassununga e Ribeirão Preto no ano de 2010 (MORALES, 2014), no entanto, ainda não replicou para a maioria dos IES brasileiros.

Cabe salientar que as AG têm relutância em pagar a taxa de reciclagem já que não está prevista na legislação e por não ser uma prática costumeira sob a óptica do aspecto socioeconômico.

As importações ilegais de REEE em países da África e Ásia caracterizam um problema ambiental e para a saúde dos trabalhadores envolvidos na extração dos metais valorizados, uma vez que utilizam práticas como a queima dos componentes eletrônicos (GBEDEMAH, 2020). Apesar dos esforços dos países envolvidos, a prática perdura uma vez que os habitantes locais veem neste trabalho uma fonte importante de renda.

Nos países em desenvolvimento é comum a existência do trabalho dos catadores (formais e informais) na reciclagem, bem como sua organização em organizações como cooperativas e associações. Há trabalhos que relatam experiências de AG que contrataram essas organizações para manejo de seus resíduos sólidos recicláveis. Porém, o manejo do REEE nestas



organizações exige uma série de adaptações para cumprirem as exigências legais e técnicas. Diante destas restrições, apenas um autor apontou a necessidade de envolver estes profissionais no manejo do REEE.

Por fim, com base na revisão sistemática e para melhor ilustrar as barreiras da gestão de ETIC e gerenciamento de RETIC especificamente de origem governamental, objeto do presente estudo, o [Quadro 5](#) reúne as barreiras classificadas por dimensões, que se perpassam, e por cada etapa do manejo.

Quadro 5 – Compilação das barreiras da gestão de ETIC e gerenciamento de RETIC de origem governamental, e suas respectivas classificações e relações com as fases do manejo

| <b>Ordem Econômica e Financeira</b>   | <b>Capacitação &amp; Designação de Função</b>   | <b>Normativo &amp; Sociocultural</b>  | <b>Administrativas</b>   | <b>Estrutural e Tecnológica</b>   |
|---|---|---|--|---|
| O crescimento do poder de compra do usuário desencoraja a remanufatura do RETIC ao mesmo tempo que incentiva a compra de novos ETIC (A, C, E) | Ausência de treinamento para uso e conservação acarreta o descarte precoce do ETIC (B, C, E)                      | Ausência de regulamentação em nível estadual a partir da regulamentação federal para destinação dos REEE governamental (D, E, F, G) | Ausência de inventário atualizado e de amplo acesso para gerenciamento de ETIC e RETIC (A, B, C, D, E, F, G)   | Ausência de infraestrutura para classificar, armazenar e reparar os RETIC (D, E)  |
| Alto custo para implantação de uma planta de/para tratamento de RETIC (C, E, F)   | Insuficiência de programas de educação ambiental acerca do impacto na geração e descarte de RETIC (A, C, E, F, G) | Ausência de legislação para LR obrigatória de REEE de origem governamental (D, E, F, G)   | Ausência de descrição no termo de referência para licitação da necessidade de garantia estendida para ETIC (A, C)  | Equipamentos compactos e sem manuais esclarecedores sobre seus componentes, dificultando a segregação adequada do REEE (F, G) |
| O alto custo da manutenção de RETIC encoraja a aquisição de novos ETIC (C, E, F)  | Ausência de descrição de responsabilidades pelo manejo de RETIC dentre as designações de funções (E, F)           | Ausência de estratégia de cobrança para manejo de REEE em AG (E, F, G)  | Ausência de procedimento para reduzir o tempo de armazenamento de RETIC comprometendo seus usos futuros (C, D, E, F)   | Ausência de rotas recorrentes para coleta de RETIC (D, E, F)  |
| O baixo preço de venda desencoraja a reciclagem ou remanufatura (E, F)  | Ausência de pessoal para executar o serviço de manejo de RETIC (D, E, F)  | Excesso de incentivo do mercado para aquisição de ETIC supostamente atuais (A, C)   | Ausência de descrição de responsabilidades em contrato do fornecedor ou designação de função do gestor público pelo manejo de RETIC (D, E, F, G)                   | Obsolescência (B, C)  |
| Baixa valoração pelo RETIC (D, E, F)  | -   | -   | Os procedimentos de compra por licitação e a dificuldade de descrição dos elementos de compra remetem a aquisição de ETIC de baixa qualidade e remanufatura (A, C) | -   |

Fonte: Elaborado pelo autor. Legenda: ETIC - Equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação; RETIC - Resíduos de Equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação; (A) Aquisição/Armazenamento; (B) Instalação/Aplicação; (C) Extensão de Uso; (D) Armazenamento Temporário pelo Desuso; (E) Reparo/Remanufatura; (F) Destino (incluir as etapas anteriores); e (G) Disposição Final.

O [Quadro 5](#) possibilitou conciliar as barreiras encontradas nas literaturas estudadas em busca de uma visão holística dos desafios para a gestão de ETIC e gerenciamento de RETIC nas AG e como elas afetam as etapas do manejo de resíduos, e dessa forma, embasar a proposta de gestão e gerenciamento apresentada no [Capítulo 5](#) com a respectivas mudanças nos fluxos atuais.

As AG são potenciais utilizadoras de ETIC para o desenvolvimento de suas atividades, independente do ramo de atuação.

O usuário tem experimentado o crescimento do seu poder de compra em relação aos EEE. Essa ascensão desencoraja o envio para reparo de REEE quando avariados e redução do ciclo de vida útil de EEE, aliado ao argumento de atualizações que estimulam o consumismo. Essa visão é incorporada nas AG que são operacionalizadas por usuários que exercem funções públicas e que utilizam ETIC.

Não obstante, como as AG só podem executar o que determina a lei, um simples reparo de RETIC necessita cumprir regras de busca no mercado pelo menor preço na execução da manutenção, bem como toda a documentação que ampare a escolha do prestador de serviços para esta atividade, sendo este um esforço similar ao da compra de novos ETIC que ofertam equipamentos melhores aos que estão em operação, a preços similares ao valor do reparo.

Para aumentar o valor de venda do RETIC é necessário o desmonte, segregação de sua parte, peças e quando possível, seus componentes. Se o RETIC não passou por este processo, não é valorizado pelos compradores que eventualmente deverão executar esta ação. Logo, o preço de venda desencoraja a reciclagem ou remanufatura do RETIC e estimula o ato de acumular equipamentos. Nas AG, como os gestores públicos são responsáveis pelos bens móveis, periodicamente o levantamento de bens ativos é elaborado, oportunizando a baixa patrimonial e remoção dos bens considerados inservíveis, da tutela do gestor.

Devido ao acúmulo, há consideráveis volumes de RETIC e interesse em destinar para leilão os equipamentos outrora armazenados. Nestes casos, os RETIC são separados em lotes por tipo, uma avaliação superficial é realizada e um valor é estipulado com o objetivo de gerar disputa por lance no leilão. Cabe salientar que após a venda por leilão, nenhum certificado de destinação ambientalmente adequada é exigido dos compradores e o rastreamento do RETIC é perdido.

Este ciclo é perpetuado por imposição da legislação vigente uma vez que o componente socioambiental não possui peso nas regras estabelecidas. A mudança da legislação depende de vontade política e uma nova abordagem para a destinação dos RETIC se faz necessária.

As literaturas exploradas apontam que questionamentos feitos a gestores públicos e usuários de ETIC, acerca da importância da destinação ambientalmente correta dos REEE, mesmo entre os que possuem elevado grau de instrução, não consideram este resíduo como nocivo ao meio ambiente ou a saúde humana. Fica evidente a necessidade de capacitação sobre a temática da destinação do REEE e possibilidade de aumento do ciclo de vida útil dos ETIC, seja pelo cuidado diário dos equipamentos, ou avaliação real da necessidade de substituição por outro conjunto funcional. É importante que o gestor público designe profissional ou empresa capacitada para manter a classificação, armazenamento e reparo dos RETIC quando estes necessitarem de manutenção.

A utilização de inventário, em todo o ciclo de vida do ETIC até chegar ao RETIC, aliado a busca por compradores certificados quanto a destinação dos resíduos adquiridos, associando esta informação ao histórico do equipamento, pode contribuir para a criação de um selo ambiental onde a AG que mais destina RETIC ao tratamento adequado, ganha destaque. Nesta esteira pode-se criar selos para AG que mais reusam, menos acumulam, mais doam, mais permutam, e conseqüentemente menos geram RETIC inservível.

Outra parte importante do processo são as compras por licitação que precisam considerar equipamentos mais duráveis, com possibilidade de aumento da garantia de reparo e manutenção pelo produtor, e fornecimento de partes e peças que ampliem a capacidade de processamento e aumente o ciclo de vida útil dos RETIC. Essas abordagens visam minimizar os efeitos da obsolescência.

Por fim, apesar de custo dispendioso e devido às limitações impostas pela legislação para as agências governamentais, uma proposta eficiente, mas conservadora é a criação de um CPP, conforme proposto adiante no [Capítulo 5](#), possibilitará a remanufatura de grande parte dos RETIC gerados nas AG, aliviando-as em diversas tarefas em relação a operacionalização destes equipamentos, concentrando seu tratamento e destinações de RETIC funcionais para entidades de interesse público, e não funcionais para venda às empresas certificadas, promovendo a capacitação e financiando cursos online para estudantes de baixa renda.

## CAPÍTULO 4 - ESTUDO DE CASO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Para o planejamento do gerenciamento de REEE é imprescindível dispor de dados de geração afim de dimensionar cada etapa, além de se mapear as fontes de geração e entender o fluxo do descarte. O REEE de origem governamental, em especial oriundos de AG, ainda é pouco explorado na literatura, conforme exposto no [Capítulo 2](#), e diante de suas especificidades legais, encontra diversas barreiras (vide [Quadro 5](#)) para sua gestão e gerenciamento sustentáveis visando maximizar o reuso e a reciclagem.

Dessa forma, foi realizado um estudo de caso para detalhar a gestão e o gerenciamento de REEE de origem governamental utilizando dados do ES para estimar a geração de RETIC e o respectivo potencial de reciclagem dos mesmos.

### 4.1 GERAÇÃO E MANEJO DO REEE DE ORIGEM GOVERNAMENTAL NO ESPÍRITO SANTO

Ao final do ciclo de vida útil do EEE e decorrido um período de armazenagem, os bens são classificados como inservíveis e o departamento de controle de bens móveis (setor de patrimônio) inicia um processo de baixa contábil e encaminhamento ao galpão central, onde os bens serão agrupados em lotes e posteriormente leiloados (SEGER, 2019).

Todas as AG possuem um setor responsável pela gestão dos bens móveis, inclusive EEE, que seguem o fluxo já ilustrado na [Figura 2](#). Normalmente, o gerenciamento de REEE nas AG, não prevê uma área para reparo e manutenção de bens inservíveis gerados, sendo os mesmos armazenados e depois destinados, conforme o fluxo já apresentado na [Figura 3](#).

O gerenciamento de REEE nas AG, inclui as etapas de coleta, armazenamento e reutilização (parcialmente). O transporte, o tratamento e a disposição final ambientalmente adequada ocorrem após a doação ou leilão e não são rastreados pelas AG, numa espécie de transferência de responsabilidade pelo tratamento de seu REEE.

Em cada AG há um setor para operacionalização dos ETIC. Quando há necessidade de recolhimento destes, por problemas ou substituição por renovação, este setor é acionado através de ordem de serviço ou e-mail. Os ETIC em condições de uso podem ser redistribuídos internamente. É neste momento que, se outras AG manifestarem interesse, os ETIC podem ser transferidos ou doados para instituições de interesse público.

A transferência de equipamentos entre AG é uma alternativa quando há necessidade de ETIC modestos, ou seja, que demandam uso de aplicações mais simples ou menor capacidade de processamento de dados. Sendo demorado o processo licitatório de aquisição de ETIC, algumas agências recorrem a outras em busca de ETIC funcionais armazenados. Esta movimentação estende a vida útil de ETIC contribuindo para a redução de novas aquisições.

Os ETIC obsoletos ou avariados são armazenados temporariamente nas AG e até duas vezes ao ano, são relacionados pelo setor de controle de bens móveis, classificados como bens inservíveis, desincorporados do seu ativo fixo, ocasião em que ocorre a baixa patrimonial. Após esta baixa, os RETIC são encaminhados para o galpão central da AG do Estado do Espírito Santo, responsável pela gestão dos bens móveis inservíveis. Este galpão central pertence à SEGER e fica no município de Cariacica, ES, Brasil e recebe todos os equipamentos considerados inservíveis.

Na [Figura 5](#) temos o galpão central e algumas salas em AG que são utilizadas para armazenamento temporário de REEE no ES.

Figura 5 – Galpão central (a) e outras salas (b, c e d) em agências governamentais do ES com equipamentos eletroeletrônicos armazenados



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme observado na [Figura 5](#), nas AG, os armazenamentos não são organizados e estão localizados em salas afastadas para minimizar interferências ambientais e de insetos. Já no galpão central, os bens móveis inservíveis são separados em lotes por tipo de resíduos, mas não por estado de funcionamento. Este local, apesar de coberto, é propenso a insetos, vento e umidade do ar, principalmente em dias chuvosos. Em ambos os locais, o arranjo dos ETIC dificulta seu gerenciamento e por ocorrer de forma inadequada minimiza o potencial de reutilização e pode até danificá-los.

Nas AG ou no galpão central não é prática a contratação de empresas terceirizadas para avaliação da funcionalidade dos RETIC, no entanto, Gomes *et al.*, (2017) comentam que há IES que contratam este serviço.

A maior dificuldade, de acordo com os gestores públicos, é a falta de infraestrutura para classificar e armazenar os RETIC, bem como a falta de pessoal para executar esse serviço. Além disso, o armazenamento, tanto internamente nas AG como no galpão central, pode resultar em danos e inviabilizar o reaproveitamento dos RETIC.

Com a chegada de diversos REEE no galpão central, ocorre uma separação por tipos de equipamentos em lotes de sucatas, com a intenção de atrair compradores pelo volume. Ou seja, são formadas pilhas de celulares, equipamentos hospitalares, *desktops*, *notebooks*, monitores, *tablets*, dentre outros. Por ano, ocorrem até dois leilões e a SEGER contrata uma empresa ou pessoa especializada em leilões que se encarrega de fazer a divulgação dos bens móveis disponíveis e cadastro dos interessados em proporcionar lances *online* pelos lotes. Em dia e horas estabelecidos os lances são encerrados, o vencedor é decretado e, após o pagamento do valor ofertado, a SEGER realiza a desalienação dos bens e disponibiliza-os ao comprador para retirada no galpão central.

Pode-se inferir que as fontes de geração e o fluxo do descarte de REEE no ES não diferem muito dos outros estados, no entanto, a quantidade gerada é proporcional a quantidade de funcionários e usuários bem como de AG, podendo variar.

#### 4.2 DIAGNÓSTICO DE GERAÇÃO DE RETIC NO PERÍODO DE 2010 A 2022

A secretaria de gestão responsável pelos bens governamentais forneceu quatro bases de dados contendo informações sobre os bens móveis de ETIC adquiridos no período de 2010 a 2022; e RETIC transferidos, doados e baixados no período de 2014 a 2022. Os dados foram fornecidos

pela SEGER, responsável pelo aplicativo SIGA que registra as movimentações destes ativos patrimoniais. Em seus quatro primeiros anos foram registradas as bases de dados dos bens móveis ativos e aquisições realizadas pelas AG. A partir do ano de 2014 passou-se a registrar no SIGA as transferências, doações e baixas de bens móveis dessas AG.

O cadastro de ativos não possui uniformidade nas descrições, o que demonstra uma maior preocupação com o cadastro da aquisição do que em registrar informações precisas que contribuam com o tratamento de dados para gestão dos RETIC. Devido à essa heterogeneidade das descrições, oito categorias foram criadas para agrupar dispositivos com características semelhantes, conforme já detalhado anteriormente.

Não foi possível identificar o quantitativo de monitores CRT e LCD nas bases de dados apresentadas, no entanto, os monitores do tipo CRT não são comuns em AG. Ainda, a terceirização do serviço de impressão e insumos retirou do governo a obrigatoriedade do tratamento destes equipamentos quando inservíveis, bem como dos cartuchos com tintas residuais e toners usados. As aquisições de multifuncionais eventualmente ocorrem para atender as demandas de AG mais afastadas dos grandes centros, uma vez que nem sempre há interesse das terceirizadas do serviço de impressão para regiões distantes de seus centros urbanos.

Também foi levantado o quantitativo de funcionários públicos no período de 2014 a 2022, segundo os dados disponibilizados pela PORTAL DA TRANSPARÊNCIA (Acesso em 07 abr. 2023) e de estudantes matriculados no ensino médio no mesmo período (IBGE, Acesso em 2022), conforme apresentado na [Tabela 1](#). O objetivo do levantamento foi permitir o cálculo posterior de geração *per capita*.

Nas escolas os *tablets* possuem uso individualizado, mas os computadores são compartilhados, ou seja, é possível que um computador possa ser utilizado por até 60 estudantes diferentes considerando três períodos de aulas (manhã, tarde e noite) x cinco dias por semana (segunda-feira a sexta-feira) x quatro aulas diárias.



Tabela 1 – Funcionários Públicos Ativos das AG, SEDU e Estudantes no Estado do Espírito Santo

| Período                                  | 2014    | 2015    | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    | 2021    | 2022    | Média          |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| <b>Funcionários AG</b> * <sup>1</sup>    | 42.048  | 38.098  | 37.013  | 39.259  | 38.555  | 34.697  | 35.584  | 36.650  | 38.243  | <b>37.794</b>  |
| <b>Funcionários SEDU</b> * <sup>1</sup>  | 33.886  | 25.661  | 23.212  | 21.493  | 21.189  | 19.985  | 19.025  | 21.435  | 22.984  | <b>23.208</b>  |
| <b>Funcionários do ES</b> * <sup>2</sup> | 75.934  | 63.759  | 60.225  | 60.752  | 59.744  | 54.682  | 54.609  | 58.085  | 61227   | <b>61.002</b>  |
| <b>Estudantes</b> * <sup>3</sup>         | 134.950 | 131.715 | 129.409 | 123.937 | 116.959 | 114.217 | 120.046 | 129.115 | 125.439 | <b>125.087</b> |

Fonte: \*<sup>1</sup> PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, Acesso em 07 maio 2023; \*<sup>2</sup> Soma funcionários AG e SEDU; \*<sup>3</sup> IBGE (2023). Legenda: AG - Agências Governamentais; SEDU - Secretaria de Estado da Educação.

O gerenciamento de bens móveis envolve trabalhar com outras baixas menos comuns, mas não inexistentes. Do total de 31.299 unidades de RETIC com a rubrica de patrimônios baixados, 120 unidades tiveram destinações diferentes das abordadas nesta pesquisa. A seguir apresentamos estas destinações da seguinte forma: quantidade, rubrica e porcentagem que representa no montante: 71 extravios (0,22%); 34 furtos (0,10%); dez roubos (0,03%); e cinco acidentes (0,02%), totalizando 0,37% do montante. Desta forma esta pesquisa utilizará as rubricas Destruição por Uso (Sucata) e Inservível Irrecuperável (Sucata), com o título de baixa, uma vez que efetivamente vão para leilão e somam 31.179 unidades de RETIC.

Do total de 263.981 ETIC adquiridos pelo Governo do ES no período de 2010 a 2022, a Secretaria de Estado de Educação é a maior compradora, sendo responsável por 55% dos ativos no período. É também a que mais adquiriu *tablets* (91%) e *notebooks* (90%) para uso dos estudantes e roteadores (37%) para as escolas, indicando que a mobilidade digital é uma prioridade no ambiente escolar. A [Tabela 2](#) mostra as movimentações de ETIC da SEDU no período de 2010 a 2022.

Tabela 2 – Movimentação de ETIC e RETIC da Secretaria de Estado de Educação (em unidades)

| Período              | 2010  | 2011  | 2012 | 2013   | 2014  | 2015 | 2016  | 2017 | 2018  | 2019  | 2020  | 2021   | 2022   | Média         |
|----------------------|-------|-------|------|--------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|--------|--------|---------------|
| <b>Entrada</b>       | 5.481 | 1.009 | 444  | 16.335 | 9.601 | 371  | 3.325 | 721  | 2.504 | 6.157 | 4.466 | 64.469 | 29.730 | <b>11.124</b> |
| <b>Entrada *</b>     | 5.481 | 1.009 | 444  | 12.506 | 2.329 | 371  | 3.325 | 721  | 1.424 | 2.091 | 4.407 | 4.331  | 27.341 | <b>5.060</b>  |
| <b>Transferência</b> | -     | -     | -    | -      | 208   | -    | 1     | -    | 121   | 80    | -     | -      | 1.849  | <b>452</b>    |
| <b>Baixa</b>         | -     | -     | -    | -      | -     | -    | -     | -    | 2.782 | 1.744 | 1.475 | 2.316  | 2.742  | <b>2.212</b>  |
| <b>Doação</b>        | -     | -     | -    | -      | -     | -    | -     | -    | 223   | 4     | -     | 262    | 788    | <b>319</b>    |

Fonte: SIGA (2023); \* retirada de portáteis educacionais, de uso exclusivo dos estudantes, adquiridos em 2013 (2.361 *tablets* e 1.468 *netbooks*), 2014 (7.272 *tablets*), e *chromebooks* em 2018 (1.080 unidades), 2019 (4.066 unidades), 2020 (59 unidades), 2021 (60.138 unidades) e 2022 (2.389 unidades).

Cabe salientar que a SEDU começou a usar o módulo de baixa de bens móveis a partir de 2018. Portanto, para mensurar o quantitativo de ETIC baixados, doações e transferências, foi utilizada

uma média aritmética de cada movimentação, com base nas quantidades de ETIC por ano, para os quais os dados foram fornecidos.

Na [Tabela 3](#) são apresentadas as movimentações de ETIC e RETIC das 53 AG do ES (exceto SEDU) no período de 2010 a 2022.

Tabela 3 – Movimentação de ETIC e RETIC das agências governamentais do ES (exceto SEDU) (em unidades)

| Período              | 2010  | 2011  | 2012  | 2013   | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019   | 2020  | 2021  | 2022   | Média        |
|----------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------------|
| <b>Entrada</b>       | 5.151 | 3.123 | 3.055 | 28.046 | 7.900 | 4.721 | 3.469 | 7.436 | 7.243 | 10.147 | 8.784 | 5.400 | 24.893 | <b>9.182</b> |
| <b>Transferência</b> | -     | -     | -     | -      | 368   | 1.230 | 790   | 1.595 | 1.818 | 3.246  | 3.451 | 1.456 | 4.667  | <b>2.069</b> |
| <b>Baixa</b>         | -     | -     | -     | -      | 386   | 1.511 | 630   | 3.413 | 2.580 | 3.168  | 3.478 | 1.014 | 3.940  | <b>2.236</b> |
| <b>Doação</b>        | -     | -     | -     | -      | 310   | 103   | 289   | 790   | 355   | 134    | 607   | 314   | 362    | <b>363</b>   |

Fonte: SIGA (2023).

Por fim, a [Tabela 4](#) apresenta a média das movimentações de todas as AG do Governo do ES.

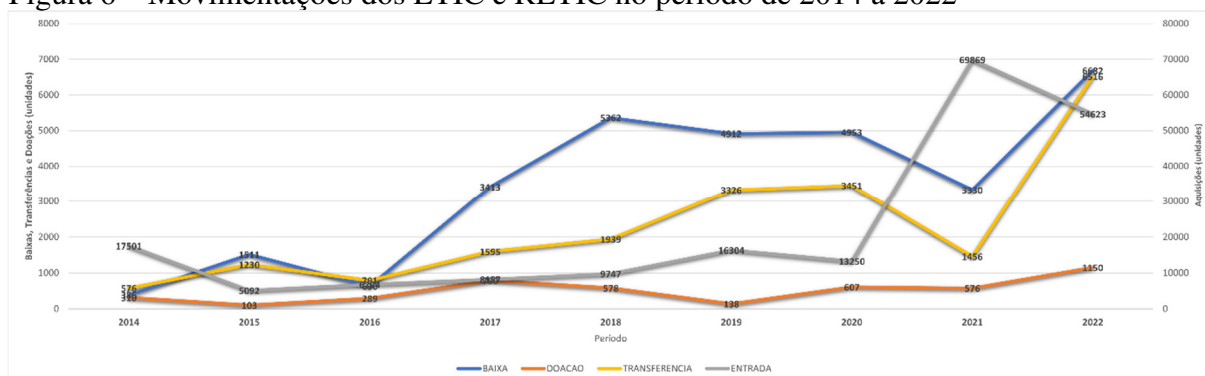
Tabela 4 – Movimentação de ETIC e RETIC das AG do ES (em unidade/ano)

|                      | Média SEDU | Média demais AG | Média Total   |
|----------------------|------------|-----------------|---------------|
| <b>Entrada</b>       | 11.124     | 9.182           | <b>20.306</b> |
| <b>Entrada *</b>     | 5.060      | 9.182           | <b>14.242</b> |
| <b>Transferência</b> | 452        | 2.069           | <b>2.521</b>  |
| <b>Baixa</b>         | 2.212      | 2.236           | <b>4.448</b>  |
| <b>Doação</b>        | 319        | 363             | <b>682</b>    |

Fonte: SIGA (2023); \* retirada de aquisições de portáteis educacionais de uso exclusivo dos estudantes conforme observações na [Tabela 2](#).

Para ilustrar melhor os dados apresentados nas Tabelas [2](#), [3](#) e [4](#), a [Figura 6](#) apresenta a evolução das movimentações dos ETIC e RETIC com a soma dos valores contidos nas Tabelas [2](#) e [3](#), no período de 2014 a 2022. Devido ao maior volume, o quantitativo de ETIC adquiridos está representado no eixo secundário (aquisições). As demais movimentações encontram-se no eixo primário.

Figura 6 – Movimentações dos ETIC e RETIC no período de 2014 a 2022



Fonte: SIGA (2023).

Como pode ser visto na [Figura 6](#), todas as movimentações possuem tendência de aumento, sendo a movimentação de doações a que possui menor inclinação. A soma dos bens móveis ETIC adquiridos e transferidos continuam fazendo parte dos ativos fixos incorporados das AG. Já a soma das doações e baixas envolvem a retirada dos bens móveis dos ativos fixos e desincorporação dos equipamentos das AG. No período analisado, a saída de equipamentos em relação aos presentes é de cerca de 26.638 unidades (15%), caracterizando uma retenção de 153.819 equipamentos (85%) do parque tecnológico de ETIC nas 54 AG.

Considerando todas as aquisições de ETIC da SEDU, no período de 2010 a 2022, a média de equipamentos é de 11.124 ETIC/ano. Cabe salientar que a SEDU realizou aquisições anuais de portáteis para uso pessoal de estudantes, a saber: 2013 (2.361 *tablets* e 1.468 *netbooks*), 2014 (7.272 *tablets*), e 67.732 *chromebooks* distribuídos em 2018 (1.080 unidades), 2019 (4.066 unidades), 2020 (59 unidades), 2021 (60.138 unidades) e 2022 (2.389 unidades), para atender exclusivamente os alunos do ensino médio em programas pilotos por todo o Estado em cerca de 332 unidades que ofertam essa etapa de ensino.

Para calcular a média de ETIC por unidade escolar foi necessário subtrair dos cálculos estes montantes de portáteis. A retirada destes montantes do cálculo da média reduz para 5.060 ETIC/ano a serem distribuídos nas escolas, SEDU, SRE, FAMES e CEE, para uso interno de estudantes e servidores vinculados à educação.

Segundo o Portal da Transparência da SECONT a quantidade de servidores públicos estaduais em dezembro de 2022 era de 61.227 funcionários, sendo 22.984 servidores dos quadros de atuação do magistério, efetivos, designação temporária e administrativo trabalhando

diretamente para a SEDU, e 38.243 servidores nas demais AG (PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, Acesso em 07 maio 2023).

Segundo o Censo Escolar da SEDU (2023), no ano de 2022, a SEDU possuía 413 escolas estaduais, sendo 332 ofertando ensino médio, e um total 231.814 matrículas, sendo 125.439 para estudantes do ensino médio. Estes dados projetam uma média de 561 matriculados/unidade escolar e 378 estudantes do ensino médio/escola ofertante desta etapa de ensino.

Com a aquisição de 67.732 portáteis no período de 2018 a 2022 (SIGA, 2023) e sabendo o total de estudantes matriculados no ensino médio no ano de 2022, foi possível inferir que nesta ocasião havia um portátil para cada dois estudantes, ou ainda 204 portáteis por escola.

Segundo Faria *et al.* (2021), a vida útil de portáteis do tipo *notebook* em AG é de 8,6 anos. O estudo de Olaniyan *et al.* (2020) em IES demonstraram um ciclo de vida útil de cinco anos para portáteis do tipo *laptop*.

Com as informações contidas no SIGA não foi possível segregar com precisão o quantitativo de ETIC que foram destinados para escolas e demais AG vinculadas a SEDU.

Para mensurar o quantitativo de ETIC da SEDU, utilizados na Sede e demais unidades vinculadas à educação (escolas, SRE, CEE e FAMES), foi necessário considerar o legado de equipamentos adquiridos nos anos anteriores. Com base nos estudos de Olaniyan *et al.* (2020), uma estação de trabalho do tipo *desktop* tem vida útil média de cinco anos. Dessa forma, foram calculados o total de ETIC para no ano de 2022 com base nas informações da [Tabela 5](#).

**Tabela 5 – Distribuição média de ETIC para SEDU e AG no ano de 2022 (em unidades/ano)**

|                                  | <b>ID da variável</b> | <b>Unidade</b> | <b>SEDU <sup>*1</sup></b> | <b>Demais AG <sup>*2</sup></b> |
|----------------------------------|-----------------------|----------------|---------------------------|--------------------------------|
| <b>Média vida útil desktop</b>   | A                     | ano/unidade    |                           | 5,0 <sup>*3</sup>              |
| <b>Média aquisição ETIC</b>      | B                     | unidade/ano    | 5.060                     | 9.182                          |
| <b>Média transferências ETIC</b> | C                     | unidade/ano    | 452                       | 2.069                          |
| <b>Média doação RETIC</b>        | D                     | unidade/ano    | 319                       | 363                            |
| <b>Média baixa RETIC</b>         | E                     | unidade/ano    | 2.212                     | 2.236                          |

Fonte: <sup>\*1</sup> [Tabela 3](#) (SIGA, 2023); <sup>\*2</sup> [Tabela 4](#) (SIGA, 2023); <sup>\*3</sup> Olaniyan *et al.* (2020). Legenda: ETIC – Equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação; RETIC – Resíduos de Equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação; ID – Identificador.

O quantitativo de ETIC da SEDU e unidades vinculadas a esta secretaria foi obtido com base na seguinte Equação 1:

$$((A * B) + C) - (D + E) \quad (\text{Eq. 1})$$

Desta forma obtemos o montante de 23.221 ETIC vinculados a SEDU e suas unidades no ano de 2022, e 45.380 ETIC vinculados às 53 AG do Governo do Estado do ES em média.

A [Tabela 6](#) apresenta as relações que a aquisição de portáteis causou na rede educacional no Estado, as relações entre ETIC, unidades subordinadas à SEDU e servidores da educação, e ETIC das demais AG e servidores, no ano de 2022.

Tabela 6 – Médias de portáteis, ETIC, AG, escolas, servidores e estudantes no ano de 2022 no ES (em unidades)

| Variável                              | Unidades | Variáveis SEDU                       | Unidades | Variáveis demais AG      | Unidades |
|---------------------------------------|----------|--------------------------------------|----------|--------------------------|----------|
| Portáteis <sup>*1</sup>               | 67.732   | ETIC <sup>*3</sup>                   | 23.221   | ETIC <sup>*3</sup>       | 45.380   |
| Escolas <sup>*2</sup>                 | 332      | AG vinculadas <sup>*2 e *4</sup>     | 447      | AG <sup>*6</sup>         | 53       |
| Estudantes ensino médio <sup>*2</sup> | 125.439  | Servidores da educação <sup>*5</sup> | 22.984   | Servidores <sup>*5</sup> | 38.243   |
| Média portáteis/escola                | 204      | Média ETIC/AG                        | 52       | Média ETIC/AG            | 856      |
| Média estudantes/portáteis            | 2        | Média ETIC/Servidores                | 1        | Média ETIC/Servidores    | 1        |
| Média estudante/escola                | 378      | Média Servidores/AG                  | 51       | Média Servidores/AG      | 722      |

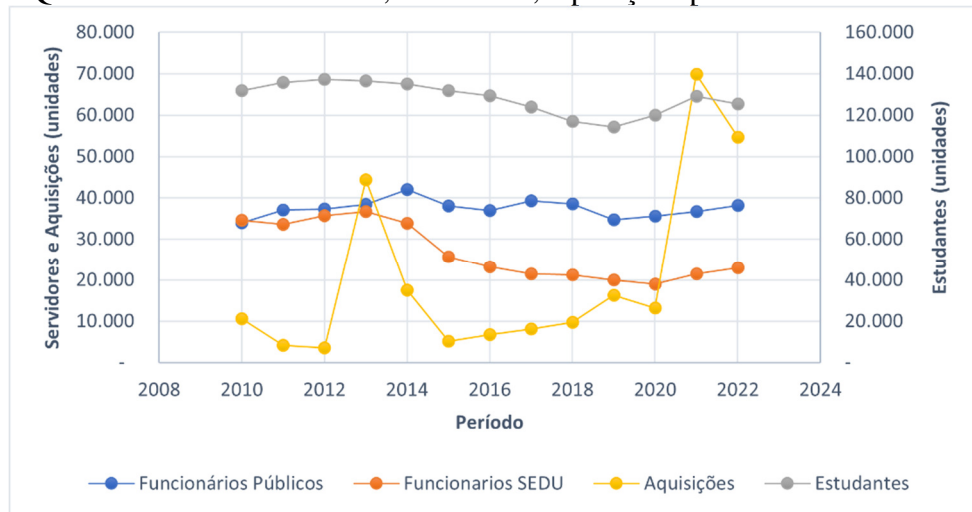
Fonte: <sup>\*1</sup> SIGA (2023); <sup>\*2</sup> PAINEL DE CONTROLE, acessado em 21 abr. 2023; <sup>\*3</sup> Equação 1; <sup>\*4</sup> SEDU (2023); <sup>\*5</sup> PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, acesso em 07 maio 2023; <sup>\*6</sup> GOVERNO DO ES (2022).

Cabe ressaltar que, a média estimada de servidores por AG não acontece na prática uma vez que há AG com mais servidores por unidade como a área de saúde e segurança pública, e com menos funcionários por unidade como turismo e meio ambiente.

Devido à dinâmica peculiar da SEDU, que envolve unidades escolares, ETIC de uso exclusivo por alunos, equipamentos compartilhados entre servidores e estudantes, os dados das demais secretarias foram tratados separadamente dos dados da SEDU, na busca de índices de ETIC e RETIC para o Governo do ES.

A [Figura 7](#) mostra a quantidade de funcionários públicos das AG, da SEDU e aquisições de ETIC, além do montante de estudantes matriculados no ensino médio no período de 2010 a 2022. Como o número de estudantes é bem superior ao de funcionários, no gráfico eles são referenciados pelo eixo secundário que equivale ao dobro da medida do eixo primário. No gráfico percebemos uma leve tendência de aumento nos três últimos anos da série, para os funcionários e estudantes. Já para aquisição de ETIC houve uma explosão de compra de portáteis, demonstrando um forte interesse do Governo na inclusão digital dos alunos do ensino médio.

Figura 7 – Quantidade de funcionários, estudantes, aquisições por ano nas AG do ES



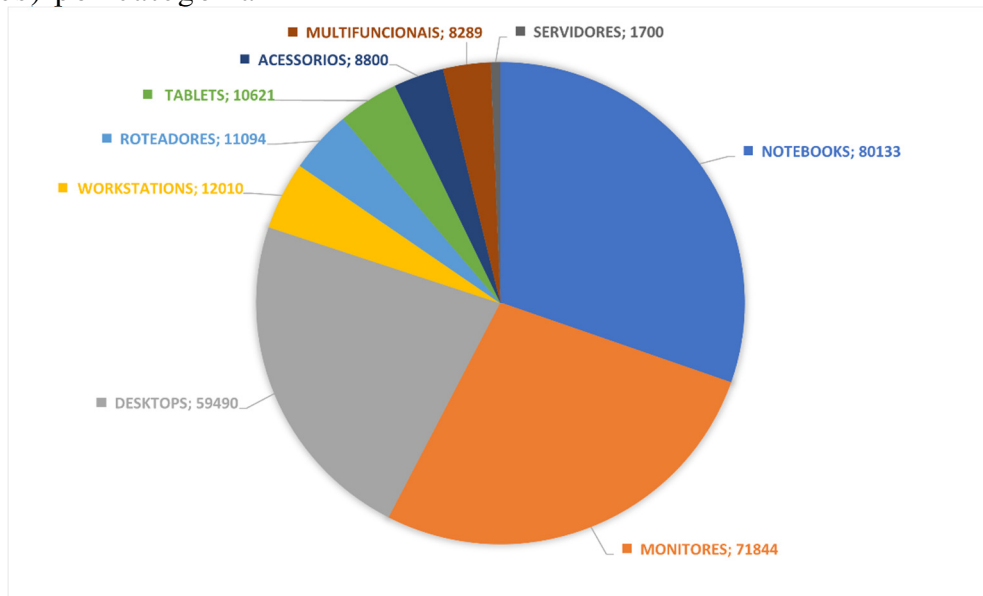
Fonte: Elaborado pelo autor. SIGA (2023); PORTAL DA TRANSPARÊNCIA (2023); IBGE (2023).

Na [Figura 6](#) podemos inferir que os saltos de 2022 dos montantes para baixa, doação e transferência eram demandas reprimidas do período pandêmico do COVID-19. Na [Tabela 4](#) podemos identificar que a baixa patrimonial de RETIC e encaminhamento para leilão tem uma média de 4.448 RETIC/ano com tendência de aumento, no entanto, no período pandêmico houve retenção de RETIC.

As doações possuem uma média de 682 RETIC/ano e apresentam baixa variação ao longo dos anos. As transferências de ETIC para outras AG têm uma média de 2.521 ETIC/ano com forte aumento em 2022 registrando o reuso de 6.516 unidades.

Na [Figura 8](#) temos os ETIC adquiridos entre os anos de 2010 e 2022 pelas AG do Estado do Espírito Santo, apresentando o quanto representa cada categoria no total.

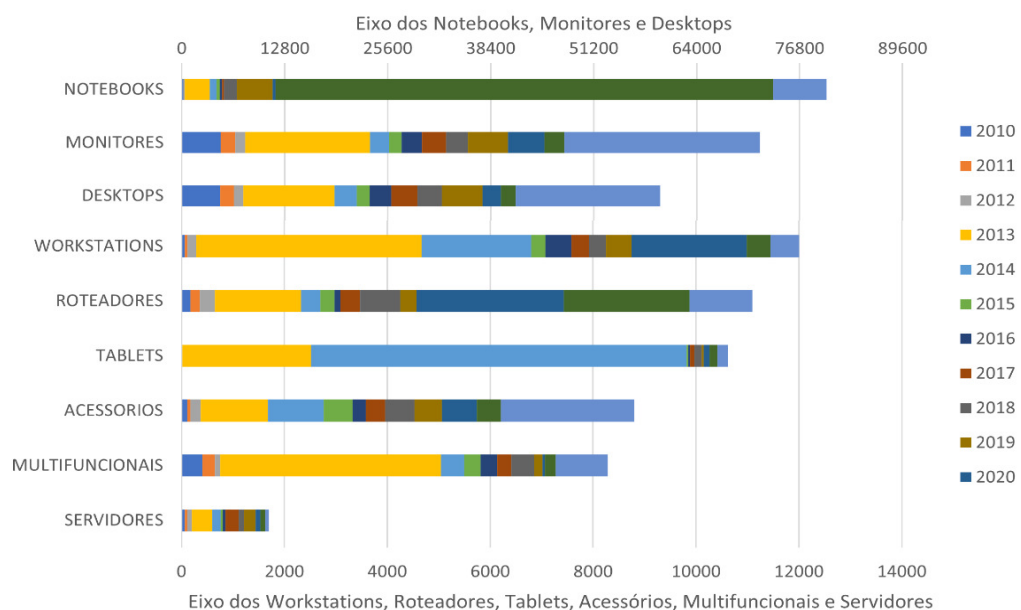
Figura 8 – Quantidade de equipamentos adquiridos entre 2010-2022 (em unidades) por categoria



Fonte: SIGA (2022).

A [Figura 9](#) apresenta a distribuição das 263.981 unidades de ETIC adquiridas entre os anos de 2010 e 2022. Desta forma, podemos observar os tipos de ETIC, suas quantidades e os anos em que foram adquiridos. Para melhor adequação do gráfico, as categorias que possuem maior quantidades, ou seja, *notebooks*, *monitores* e *desktops*, devem ser analisadas pelos valores contidos no eixo primário, o demais ETIC podem ser analisados pelo eixo secundário.

Figura 9 – Quantidade de ETIC em relação ao ano de sua aquisição



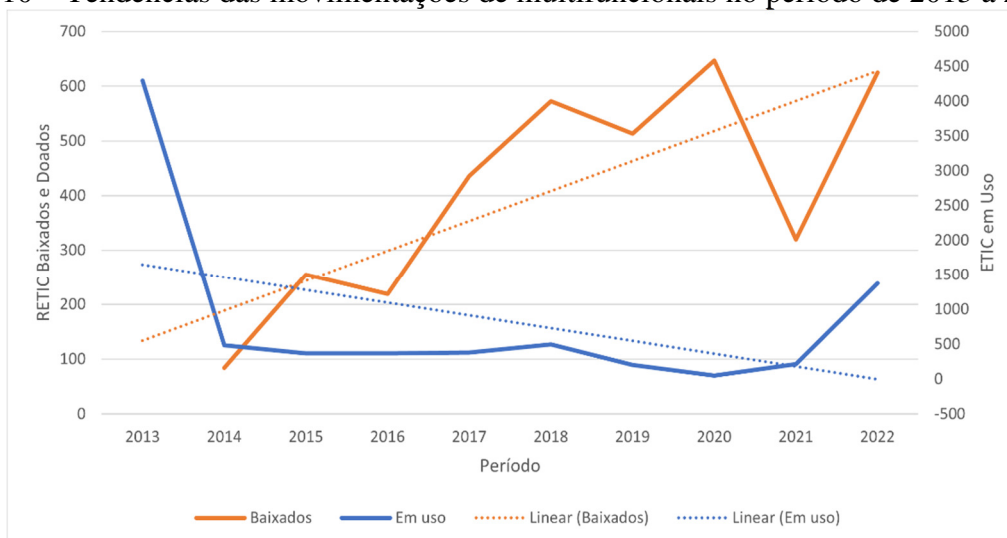
Fonte: SIGA (2023).

A aquisição de servidores possui a menor soma em itens com 1.839 unidades, mas possui um orçamento com cerca de 111,1 milhões de reais, ou seja, cerca de 60 mil reais/servidor, contra 79.325 estações de trabalho com orçamento de 328,3 milhões de reais que perfaz 4,1 mil reais/estação de trabalho. A virtualização de servidores, ou seja, capacidade de simular máquinas reais em ambiente computacional, contribuiu para o amplo investimento em equipamentos com capacidade de armazenamento e processamento de dados mais robusta como os servidores de rede.

No caso das multifuncionais, a média de aquisição é de 271 unidades por ano, sendo que duas aquisições volumosas ocorreram nos anos de 2013 (4.292 unidades) e 2010 (1.015 unidades), para atender principalmente demandas de impressão e digitalização nas diversas escolas e agências da segurança pública distantes da região metropolitana. O aluguel de multifuncionais em AG é uma prática comum e exime o Governo da responsabilidade de tratamento do RETIC e seus insumos.

A [Figura 10](#) apresenta as tendências das movimentações de ETIC multifuncionais nas AG no período de 2013 a 2022. Os quantitativos de multifuncionais adquiridas e transferidas encontram-se no eixo secundário.

Figura 10 – Tendências das movimentações de multifuncionais no período de 2013 a 2022



Fonte: SIGA (2023).



Alinhando-se a tendência de mundial de mobilidade de dados e redes sem fio, a SEDU nos anos de 2020 e 2021 adquiriu, ao todo, 3.397 equipamentos de acesso a redes incluindo *access points* e *switches*, o que representa 31% de um total de 11.094 equipamentos do agrupamento roteadores desde 2010. Estes ativos de rede também suportarão os 67.732 *chromebooks* adquiridos no período de 2018 a 2022.

Os *tablets* possuem uma média anual de aquisição de 75 unidades, no entanto a SEDU adquiriu 2.361 unidades no ano de 2013 e no ano seguinte (2014) adquiriu 7.272 unidades, para contemplar os estudantes do ensino médio. Nos anos posteriores, a secretaria não repetiu esta aquisição, investindo nos equipamentos portáteis com teclado (*chromebooks*) e armazenamento nos servidores da empresa Google®, para os estudantes do ensino médio.

As estações de trabalho (*desktops* com monitores e *all-in-one's*) tiveram picos de aquisição no ano de 2013 (15.658 unidades) e 2022 (18.573 unidades) sendo que a média anual é de 5.500 unidades. Em algumas escolas do interior foram enviados computadores multiterminais, ou seja, possuem um gabinete e de dois até cinco conjuntos de monitores, teclados e *mouses*. Este tipo de equipamento apresenta-se como uma solução para otimização de recursos computacionais.

Na categoria *notebooks* as aquisições de 2010 a 2020 sempre foram menores que a aquisição de estações de trabalho. No entanto, no ano de 2021 numa única aquisição (60.138) a SEDU superou a soma de 11 anos de aquisições de estações de trabalho (52.927). Isso demonstra a tendência do governo local na adoção de ETIC portáteis para estudantes do ensino médio.

Com o objetivo de mensurar o quantitativo de RETIC gerado pelo Governo do Espírito Santo, foram adotadas as unidades de ETIC que sofreram baixa patrimonial e conseqüentemente foram leiloados no período de 2014 a 2022. De posse dessas informações, foi possível calcular o peso total da amostragem no período citado e que foi utilizado como valor médio do quilo do REEE apresentado por Forti *et al.* (2020) para calcular o valor total da amostragem.

A [Tabela 7](#) apresenta os estudos que consideraram as massas em quilogramas das categorias adotadas neste estudo. Quando apresentado mais de um valor por categoria, foram considerados os mais atuais.

Tabela 7 – Massa (em kg) das categorias de ETIC

| <b>Categorias</b>                 | <b>Kaloki, 2014</b> | <b>Panizzon, 2014</b> | <b>Dalgo <i>et al.</i>, 2015</b> | <b>Gomes <i>et al.</i>, 2017</b> | <b>Olaniyan <i>et al.</i>, 2020</b> | <b>Utilizadas neste estudo</b> |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| <i>Desktops</i>                   | 9,98                | 9,9                   | 8,0                              | -                                | -                                   | 8,0                            |
| Monitores CRT <sup>*1</sup>       | 18,14               | 14,10                 | 11,0                             | -                                | -                                   | 11,0                           |
| Monitores LCD <sup>*1</sup>       | 7,26                | -                     | 4,0                              | -                                | -                                   | 4,0                            |
| Multifuncionais                   | -                   | 13,18                 | -                                | 6,312                            | -                                   | 6,3                            |
| <i>Notebooks</i>                  | 3,63                | 3,5                   | 1,8                              | 2,368                            | -                                   | 2,4                            |
| Acessórios                        | 6,8                 | -                     | -                                | -                                | 6,0                                 | 6,0                            |
| Roteadores                        | -                   | 2,03                  | -                                | -                                | -                                   | 2,0                            |
| <i>Workstations</i> <sup>*2</sup> | -                   | -                     | -                                | 29,26                            | 25,0                                | 25,0                           |
| <i>Tablets</i>                    | -                   | -                     | 0,68                             | -                                | -                                   | 0,7                            |
| Servidores                        | -                   | 9,9                   | -                                | -                                | -                                   | 9,9                            |

Fonte: Elaborado pelo autor. <sup>\*1</sup> utilizaremos a massa de 7,5 kg para os monitores sendo este valor a média dos monitores CRT e LCD; <sup>\*2</sup> peso da CPU com monitor.

A [Tabela 8](#) apresenta o quantitativo de RETIC da SEDU que foram leiloados no período de 2018 a 2022 e o RETIC leiloados das demais AG no período de 2014 a 2022. Com base no peso médio de cada categoria apresentada na [Tabela 8](#) foi possível calcular a massa total de RETIC gerada nos períodos supracitados.

Tabela 8 – Indicadores de geração de RETIC nas AG e SEDU

| <b>Categorias</b>   | <b>Peso Médio de EEE (kg) <sup>*1</sup></b> | <b>Unidades RETIC demais AG <sup>*2</sup></b> | <b>Peso Total (kg)</b> | <b>Unidades RETIC SEDU <sup>*3</sup></b> | <b>Peso Total (kg)</b> |
|---------------------|---|---|------------------------|--|------------------------|
| <i>Desktops</i>     | 8,0   | 7.532   | 60.256,0               | 3.910                                    | 31.280,0               |
| Monitores           | 7,5   | 6.323   | 47.422,5               | 3.700                                    | 27.750,0               |
| Multifuncionais     | 6,3   | 2.541   | 16.008,3               | 703                                      | 4.428,9                |
| <i>Notebooks</i>    | 2,4   | 778   | 1.867,2                | 1655                                     | 3.972,0                |
| Acessórios          | 6,0   | 948   | 5.688,0                | 28                                       | 168,0                  |
| Roteadores          | 2,0   | 909   | 1.818,0                | 119                                      | 238,0                  |
| <i>Workstations</i> | 25,0  | 743   | 18.575,0               | 18                                       | 450,0                  |
| <i>Tablets</i>      | 0,7   | 77  | 53,9                   | 901                                      | 630,7                  |
| Servidores          | 9,9   | 269   | 2.663,1                | 25                                       | 247,5                  |
|                     |   | <b>Total</b>                                  | <b>154.352,0</b>       | <b>Total</b>                             | <b>69.165,1</b>        |

Fonte: SIGA, 2023; <sup>\*1</sup> Com base nos pesos da [Tabela 8](#); <sup>\*2</sup> Período de 2014 a 2022; <sup>\*3</sup> Período de 2018 a 2022.

A [Tabela 9](#) apresenta uma proposta de média de geração de RETIC nas AG do Estado do Espírito Santo com base na média de funcionários públicos das AG e SEDU e a massa (em kg) constante na [Tabela 9](#), que possui diversidade de ETIC, diferentemente do encontrado nas literaturas que apresentam os equipamentos mais comuns, respeitando as particularidades da SEDU, que possuem maior número de servidores públicos vinculados e com dados de 2018 a 2022, e demais AG que possuem dados de 2014 a 2022.

Para obter a massa da média anual de geração de RETIC foi aplicado a divisão da massa de RETIC pelo número de anos do período analisado. Para a obtenção da massa da média anual de geração de RETIC por funcionário público foi aplicado a divisão da massa da média anual de geração de RETIC pela média anual de funcionários da AG. Por fim, as médias de geração foram somadas obtendo o montante de geração anual de RETIC no ES e por funcionário no Estado.

Tabela 9 – Geração de RETIC no Estado do Espírito Santo

|  | AG        | SEDU     | Totais          |
|--|-----------|----------|-----------------|
| Massa RETIC (em kg) * <sup>1</sup>                         | 154.352,0 | 69.165,1 | -               |
| Anos da amostra (em unidades) * <sup>1</sup>               | 9         | 5        | -               |
| Média da geração RETIC (em kg/ano)                         | 17.150,2  | 13.833,0 | <b>30.983,2</b> |
| Média de funcionários (em unidades) * <sup>2</sup>         | 37.738    | 23.236   | -               |
| Média da geração RETIC por funcionário público (em kg/ano) | 0,454     | 0,596    | <b>1,050</b>    |

Fonte: SIGA (2023); PORTAL DA TRANSPARÊNCIA (acesso em 30 abr. 2023); \*<sup>1</sup> [Tabela 8](#); \*<sup>2</sup> [Tabela 1](#).

A [Tabela 10](#) apresenta estudos que informam a quantidade de REEE gerados em instituições ou AG. Para o cálculo da quantidade de RETIC/ano e kg/ano de RETIC foi incluída uma coluna de identificação utilizada na Equação 2 e uma coluna de peso elaborada na [Tabela 7](#).

Tabela 10 – Indicador de geração de RETIC em IES e AG (em unidades)

| <b>Autores</b>              | ID para cálculo geração de RETIC | Peso Médio de EEE (kg) *2 | Andrade; Fonseca; Mattos, 2010 | Babbitt; Williams; Kahhat, 2011 | Faria <i>et al.</i> , 2021 | Watanabe; Candiani, 2019 | Agamuthu; Kasapo; Nordin, 2015 | Gomes <i>et al.</i> , 2017 | Olanriyan <i>et al.</i> , 2020 | SEDU neste Estudo (SIGA, 2023) *3 | AG neste Estudo (SIGA, 2023) *4 |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| <b>Instituição</b>          | -                                | -                         | IES                            | IES                             | AG                         | IES                      | IES                            | IES                        | IES                            | SEDU                              | AG                              |
| <b>País</b>                 | -                                | -                         | Brasil                         | EUA                             | Brasil                     | Brasil                   | Malaysia                       | Brasil                     | Nigéria                        | Brasil                            | Brasil                          |
| <b>Anos</b>                 | A                                | -                         | 3                              | 1                               | 18                         | 4                        | 1                              | 6                          | 19                             | 5                                 | 9                               |
| <b>Desktops</b>             | B                                | 8,0                       | 279                            | 2.170                           | 494                        | 10.382                   | -                              | 103                        | -                              | 3.910                             | 7.532                           |
| <b>Monitores</b>            | C                                | 7,5                       | 264                            | 1.330                           | 380                        | 10.178                   | -                              | 190                        | -                              | 3.700                             | 6.323                           |
| <b>Multifuncionais *1</b>   | D                                | 6,3                       | 169                            | 547                             | 513                        | 4.482                    | 36                             | 450                        | -                              | 703                               | 2.541                           |
| <b>Notebooks</b>            | E                                | 2,4                       | -                              | 303                             | 78                         | 1.158                    | 37                             | 31                         | 1.375                          | 1.655                             | 778                             |
| <b>Acessórios *1</b>        | F                                | 6,0                       | -                              | 1.097                           | 288                        | 6.585                    | -                              | 101                        | 278                            | 28                                | 948                             |
| <b>Roteadores</b>           | G                                | 2,0                       | -                              | -                               | -                          | -                        | -                              | -                          | -                              | 119                               | 909                             |
| <b>Workstations</b>         | H                                | 25,0                      | -                              | -                               | 978                        | -                        | 1.776                          | 1.663                      | 515                            | 18                                | 743                             |
| <b>Tablets</b>              | I                                | 0,7                       | -                              | -                               | 50                         | -                        | -                              | -                          | -                              | 901                               | 77                              |
| <b>Servidores</b>           | J                                | 9,9                       | -                              | 237                             | -                          | -                        | 27                             | -                          | -                              | 25                                | 269                             |
| <b>Média RETIC/ano</b>      |                                  |                           | 237                            | 4.350                           | 136                        | 6.550                    | 1.849                          | 406                        | 99                             | 1.997                             | 1.991                           |
| <b>Média RETIC (kg/ano)</b> | -                                | -                         | 1.758,9                        | 31.508,3                        | 1.926,2                    | 47.601,7                 | 44.715,6                       | 7.788,9                    | 851,3                          | 13.576,2                          | 16.014,3                        |

Fonte: Elaborado pelo autor. Legenda: IES - Instituição de Ensino Superior, AG - Agência Governamental, SEDU - Secretaria de Estado da Educação, RETIC - Resíduos de Equipamento de Tecnologia da Informação e Comunicação; ID - Identificador; EUA - Estados Unidos da América. \*1 Categorias onde RETIC foram agrupados para se enquadrarem; \*2 Com base em pesos da [Tabela 8](#); \*3 Com base em 447 unidades vinculadas a SEDU do ES no período de 2018 a 2022; \*4 Com base em 53 AG do ES no período de 2014 a 2022.

Com o objetivo de mensurar a quantidades de RETIC gerado por ano em IES e AG, com base em cada estudo apresentado na [Tabela 10](#), procedeu-se com a soma dos quantitativos dos *desktops*, monitores, multifuncionais, *notebooks* e *workstations*, por serem os principais RETIC utilizados e citados nos estudos, sendo divididos pela quantidade de anos apresentados.

A média de RETIC gerado por ano foi calculada com base na Equação 2:

$$((B \times \text{peso B}) + (C \times \text{peso C}) + (D \times \text{peso D}) + (E \times \text{peso E}) + (H \times \text{peso H})) / A \quad (\text{Eq.2})$$

A junção dos valores da SEDU e AG apresentou uma média de geração de RETIC em AG do Espírito Santo com as seguintes quantidades: 4.448 RETIC/ano e 29.590,5 kg/ano.

Dos valores apresentados na [Tabela 10](#), a maior média (47,6 t/ano) é do estudo em IES que possui CPP, e se refere a média de gerenciamento de RETIC, não de geração. As segunda (44,7 t/ano) e terceira (31,5 t/ano) maiores médias ocorreram em estudos com apenas um ano de amostragem.

As médias de geração dos principais RETIC da SEDU (13,6 t/ano) e AG (16,0 t/ano) no ES, quando somadas (29,6 t/ano), se aproximam do montante das 31,0 t/ano obtida na [Tabela 9](#), que consideram todas as categorias de RETIC das AG. Desta forma, pode-se inferir que o uso dos principais ETIC no debate do gerenciamento de RETIC é consistente.

Há quatro estudos que tiveram média abaixo de 406 RETIC/ano e 7.889,9 kg/ano podendo ser resultado da baixa amostragem, falta de uma ou mais categorias de RETIC ou maior período da amostra como em Faria *et al.*, (2021) e Olaniyan *et al.*, (2020). Apenas um levantamento ocorreu num país desenvolvido, no entanto nas amostragens que aconteceram nos países em desenvolvimento, houve duas ocorrências de maior média de geração de massa de RETIC por ano.

A partir dos estudos contidos na [Tabela 10](#), sendo uma em AG e seis em IES, nota-se a necessidade de levantamentos de quantitativos de geração de RETIC em AG. O presente trabalho pode contribuir para uma melhor compreensão da geração de RETIC em AG e colaborar na implementação do gerenciamento adequado de RETIC em repartições públicas, para além dos IES.

Muito se fala da reciclagem, mas esta etapa do gerenciamento de REEE não é interessante para as AG e deve ser fomentado fora das instituições públicas. No entanto, as AG que concentram RETIC poderiam gerar valor agregado ao resíduo promovendo melhor armazenamento e segregando os tipos de RETIC.

#### 4.3 POTENCIAL DE RECICLAGEM DE RETIC DE ORIGEM GOVERNAMENTAL

De forma complementar e apenas para enriquecer a discussão, já que não é o foco principal do estudo, este tópico apresenta a estimativa do potencial de reciclagem de placas de circuito impresso oriundas dos RETIC de origem governamental gerados no ES considerando o passivo acumulado até 2022. O objetivo é demonstrar que os RETIC possuem potencial para representar receitas, e não somente custos, o que pode estimular ações futuras.

Para tanto, considerou o estudo de Faria *et al.* (2021), que abordou a geração de REEE numa agência governamental pelo intervalo de 18 anos, trazendo importantes dados sobre a vida útil de diversos EEE. A [Tabela 11](#) apresenta a média da vida útil das categorias de equipamentos mais utilizados em AG e IES.

Tabela 11 – Média da vida útil dos ativos de ETIC em AG e IES (em anos)

| <b>Categorias</b>   | <b>Média de Vida Útil em AG</b> | <b>Média de Vida Útil em IES</b> |
|---------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| <i>Desktops</i>     | 7,77                            | 5,0                              |
| <i>Notebooks</i>    | 8,60                            | 5,0                              |
| <i>Workstations</i> | 8,83                            | 6,0                              |

Fonte: Adaptado de FARIA *et al.* (2021); OLANIYAN *et al.*, (2020); Legenda: ETIC – Equipamento de Tecnologia da Informação e Comunicação; AG – Agências Governamentais; IES – Institutos de Educação Superior.

Com base nos dados de vida útil média da [Tabela 11](#), e as quantidade estimadas das categorias no tópico anterior, foi estimado o potencial de receita bruta obtida com a venda de placas de circuito impresso (PCI). As atividades de reciclagem de PCI são viáveis e rentáveis devido à variedade de metais nelas encontradas. Os estudos de Forti *et al.*, (2020) e Opara (2020) evidenciam esta abordagem para PCI.

Os ETIC, nas AG, são os que possuem maior volume dentre os EEE. Entre os anos de 2010 e 2022, as AG geraram 20.120 unidades de RETIC, conforme valores constantes na [Tabela 3](#). No passado, o gabinete do computador consistia em várias placas, como placa mãe, placa de rede,

placa de modem e placa gráfica. Atualmente, a configuração é de placa única com todas as conexões para os periféricos. O custo médio dos resíduos de PCI é de US\$ 1,08397<sup>1</sup> por quilo nas Américas (FORTI *et al.*, 2020). Com base na quantidade de RETIC leiloadas pelas AG ao longo de nove anos, nas Tabelas 2 e 3 foi estimado o valor que poderia ser obtido com a venda de PCI.

Tabela 12 – Valor bruto estimado obtidos com a venda de sucata de PCI de RETIC das AG

| Período     | Unidades de PCI (montante estimado) * <sup>1</sup> | Peso médio da PCI (kg) * <sup>2</sup> | Total de Peso Médio de PCI (kg) | Média de preço do REEE/kg (US\$) * <sup>3</sup> | Valor (US\$) | Valor Médio Anual (US\$) |
|-------------|--|---------------------------------------|---------------------------------|---|--------------|--------------------------|
| 2014 - 2022 | 14.636   | 0,7                                   | 10.245,2                        | 1,08397   | 11.105,49    | 1.233,94                 |

Fonte: Adaptado de GOMES *et al.*, (2017). \*<sup>1</sup> Total de RETIC que possuem PCI como desktops, notebooks e workstations; \*<sup>2</sup> GOMES *et al.*, (2017); \*<sup>3</sup> FORTI *et al.*, (2020).

De acordo com a [Tabela 12](#), as vendas estimadas de resíduos de PCI por AG de 2014 a 2022 totalizariam US\$11.105,49. No entanto, existem outros custos não incluídos e as estimativas aqui apresentadas pretendem apenas complementar a discussão dos resultados, enfatizando a importância da gestão dos REEE considerando as questões ambientais e econômicas.

A [Tabela 13](#) apresenta valores obtidos com os leilões de RETIC do Governo do ES dos últimos 5 anos. A dinâmica dos leilões para sucata de RETIC não inclui mensurar unidades de equipamentos e tão pouco o peso dos lotes. Por este motivo as quantidades não são apresentadas.

Tabela 13 – Leilões de RETIC por categoria e por ano (valores em R\$)

| RETIC              | 2018           | 2019           | 2020           | 2021           | 2022           | Média          |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Acessórios         | 25.000         | 35.700         | 31.500         | 1.500          | 33.300         | <b>25.400</b>  |
| Desktops           | 152.600        | 60.344         | 126.950        | 136.300        | 185.200        | <b>132.279</b> |
| Monitores          | 33.700         | 58.050         | 55.200         | 30.400         | 79.300         | <b>51.330</b>  |
| Multifuncionais    | 24.100         | 6.900          | 4.450          | 1.650          | 89.400         | <b>25.300</b>  |
| Notebooks          | -              | 4.300          | 7.600          | 18.000         | 9.700          | <b>9.900</b>   |
| Roteadores         | -              | 6.000          | -              | -              | 9.000          | <b>7.500</b>   |
| Servidores         | -              | 1.600          | 2.750          | 36.100         | 29.500         | <b>17.488</b>  |
| Tablets            | -              | -              | -              | -              | 1.400          | <b>1.400</b>   |
| Workstations       | 11.500         | 9.500          | 46.700         | 8.150          | 55.600         | <b>26.290</b>  |
| <b>Total Geral</b> | <b>246.900</b> | <b>182.394</b> | <b>275.150</b> | <b>232.100</b> | <b>492.400</b> | <b>285.789</b> |

Fonte: SEGER, 2023.

<sup>1</sup> Valor obtido de Forti (2020, p.72) resultado da divisão \$14,2 billion USD value of raw materials in e-waste / 13,1 Mt e-waste generated.

A partir dessas informações temos o valor médio de R\$ 168.469 obtido a partir do leilão de RETIC que possuem PCI como *desktops, notebooks e workstations*. Dividindo esta média pelo valor do dólar em 2022<sup>2</sup>, temos o montante de US\$ 32.291,69 sendo este valor 26 vezes maior que o valor obtido na média anual calculada na [Tabela 12](#). Pode-se inferir que a valorização dos RETIC leiloados pelo Governo do ES ocorre devido ao lote possuir equipamentos funcionais e esta condição é explorada pelos compradores de sucata.

A [Tabela 14](#) apresenta valores de pagamento por item segregado de RETIC para o mês de julho/2023 de um prestador de serviços do CEDIR/USP. Importante frisar que o CEDIR não beneficia os RETIC, sendo responsabilidade deste prestador de serviços o desmonte dos equipamentos e posterior pesagem para calcular o valor devido pela entrega de REEE.

Tabela 14 – Valores praticados no mês de junho/2023 por tipos de RETIC por um prestador de serviços do CEDIR (valores em R\$/kg)

| <b>Descrição</b>          | <b>Valor</b> | <b>Descrição</b>  | <b>Valor</b> | <b>Descrição</b>     | <b>Valor</b> |
|---------------------------|--------------|-------------------|--------------|----------------------|--------------|
| Alumínio                  | 2,00         | <i>HardDisk</i>   | 3,50         | Placa Mãe Colorida   | 12,00        |
| Bateria Chumbo Acido      | 1,20         | <i>Hub/Switch</i> | 0,80         | Placa Marrom         | 0,50         |
| Cabos (Fio encapado)      | 1,30         | Impressoras       | 0,15         | Placa Pesada         | 2,50         |
| Cabo Flat                 | 1,20         | Monitor LCD       | 0,20         | Processador Cerâmico | 180,00       |
| Carregadores              | 0,35         | Memoria Dourada   | 60,00        | Processador P4       | 30,00        |
| Celular sem bateria       | 13,00        | Memoria prata     | 23,00        | Processador Plástico | 70,00        |
| <i>Cooler/Ventoinha</i>   | 0,10         | <i>Mouse</i>      | 0,10         | <i>Compact Disk</i>  | 0,50         |
| Diversos/Plásticos mistos | 0,15         | <i>Nobreak</i>    | 10,00        | Teclado              | 0,10         |
| <i>Driver CD ROM</i>      | 0,30         | Placa Áudio Vídeo | 5,00         | Telefone             | 0,10         |
| Fonte <i>Desktop</i>      | 0,60         | Placa Leve Mista  | 18,00        | Transformador        | 1,10         |
| Ferro e outros            | 0,30         | -                 | -            | -                    | -            |

Fonte: CEDIR, 2023.

Pode-se inferir que os valores são menores que os praticados pelos compradores de cada um dos itens segregados, uma vez que o prestador de serviços assume o trabalho do desmonte e investimentos em equipamentos de separação como os que prensam os cabos com fios de cobre para retirá-los das capas plásticas. Nota-se que os itens mais valorados são os que possuem metais nobres como o ouro e a platina; e os menos valorados são os que possuem plástico em sua composição.

A [Tabela 15](#) apresenta o total, em quilogramas, de RETIC recebido no CEDIR no período de 2010 a 2013. O envio de RETIC ocorreu pelos diversos setores da USP e por pessoas físicas

<sup>2</sup> Segundo o site do BANCO CENTRAL DO BRASIL o valor era R\$ 5,2171/dólar; acesso em 18 jul. 2023.



como estudantes, professores, outros profissionais da instituição e moradores do entorno do campus da universidade.

Tabela 15 – Total de RETIC (em kg) recolhidos no CEDIR no período de 2010 a 2013

| <b>Ano</b>   | <b>USP</b>      | <b>Pessoas Físicas</b> | <b>Total</b>    |
|--------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| 2010         | 74.687,4        | 25.891,7               | 100.579,1       |
| 2011         | 76.171,1        | 18.894,2               | 95.065,3        |
| 2012         | 59.289,0        | 23.102,4               | 82.391,4        |
| 2013         | 87.091,0        | 16.535,0               | 103.626,0       |
| <b>Média</b> | <b>74.309,6</b> | <b>21.105,8</b>        | <b>95.415,4</b> |

Fonte: CEDIR, 2023.

O montante de RETIC destinado ao CEDIR por pessoas físicas representa cerca de 20% do total o que demonstra que as pessoas físicas preferiram destinar a um Centro de Processamento ao invés de encaminhar para o SLR do município. A educação ambiental e divulgação à funcionários públicos e estudantes contribuem para o aumento da destinação ambientalmente adequada do REEE.

A Tabela 16 apresenta o quantitativo de RETIC recebidos pelo CEDIR no período de 2010 a 2013. Assim como no Governo do ES ([Tabela 9](#)), os RETIC do tipo *desktop*, monitores e impressoras são os que apresentam maiores volumes.

Tabela 16 – Tipos RETIC (em unidades) recolhidos no CEDIR no período 2010 a 2013

| <b>RETIC</b>     | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>Média</b> |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| CPUs             | 2.546       | 2.679       | 2.033       | 3.184       | <b>2.611</b> |
| Impressoras      | 1.162       | 1.183       | 993         | 1.250       | <b>1.147</b> |
| Monitores        | 3.078       | 3.295       | 2.120       | 2.510       | <b>2.751</b> |
| <i>No Break</i>  | 188         | 266         | 325         | 516         | <b>324</b>   |
| <i>Notebooks</i> | 103         | 133         | 160         | 205         | <b>150</b>   |
| Acessórios       | 2.402       | 1.002       | 535         | 1.307       | <b>1.312</b> |
| <i>Scanners</i>  | 218         | 148         | 185         | 189         | <b>185</b>   |
| Telefones        | 301         | 162         | 318         | 388         | <b>292</b>   |

Fonte: CEDIR, 2023.

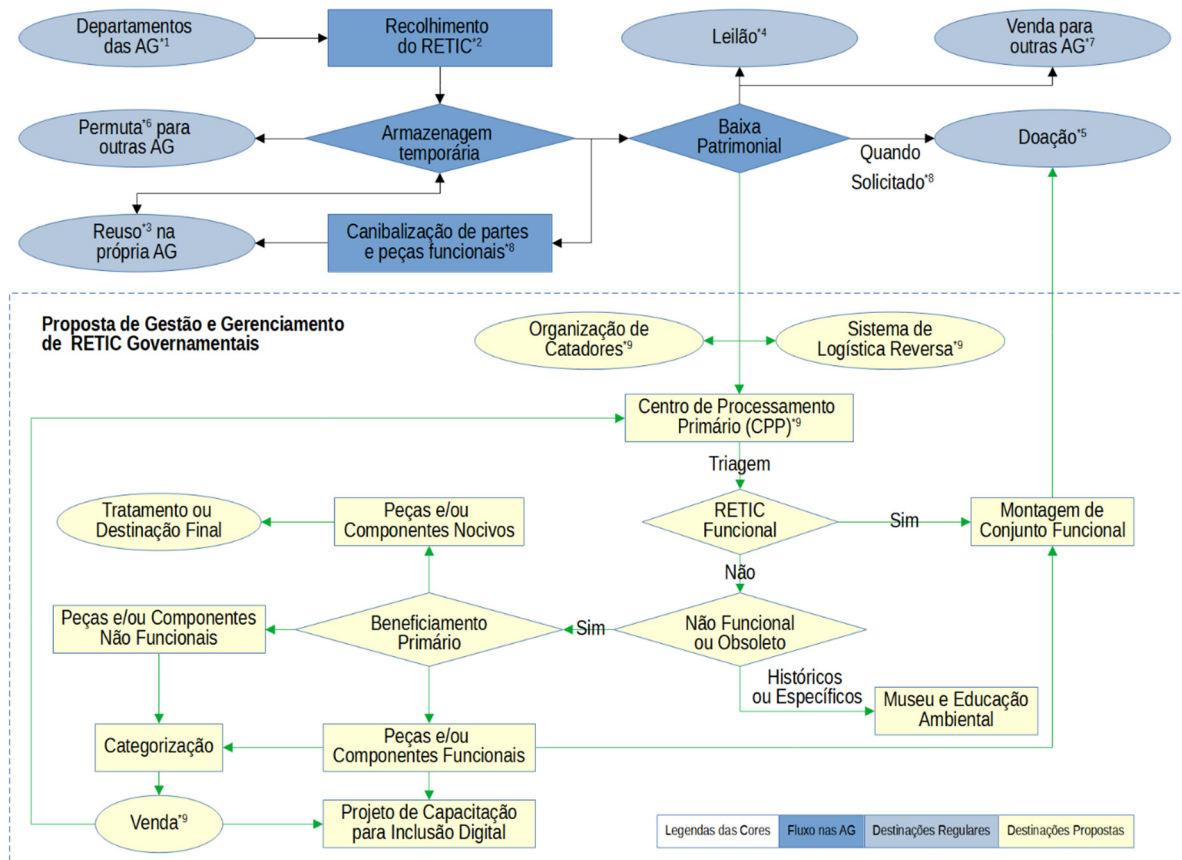
Atualmente, os digitalizadores juntamente com as impressoras compõem o grupo das multifuncionais. Os aparelhos de telefones fixo hoje dão lugar para os aparelhos de telefone móvel e para aplicações de comunicação online nas próprias estações de trabalho através do recurso de Voz sobre IP (VoIP).

## **CAPÍTULO 5 - PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RETIC DE ORIGEM GOVERNAMENTAL NO ESPÍRITO SANTO**

Após a análise dos aspectos legais relacionados ao REEE de origem governamental ([Capítulo 2](#)) e da respectiva diferenciação acerca das barreiras da gestão e do gerenciamento ([Capítulo 3](#)) por meio de ampla revisão sistemática, no qual a barreira legal é a mais citada ([Quadro 4](#)), e ainda, de posse do diagnóstico de geração e manejo apresentado no [Capítulo 4](#), o presente capítulo apresenta uma proposta de gerenciamento direcionada ao RETIC de origem governamental gerados no Espírito Santo seguida de uma análise das barreiras para implementação.

Com base no fluxograma da [Figura 3](#) que detalha como é realizada a gestão e o gerenciamento dos REEE de origem governamental atualmente, apresentamos na [Figura 11](#) a proposta de gestão e gerenciamento dos RETIC de AG, contemplando como alternativas: SLR, OCMRR e CPP.

Figura 11 – Fluxograma da gestão e gerenciamento de REEE de origem governamental com proposta de destinação para OCMRR, SLR e CPP



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos atos normativos. \*1 - Solicitação de Recolhimento dos RETIC; \*2 - Quando Avariados ou Obsoletos; \*3 - Art. 9º da Lei Federal 12.305/2010; \*4 - Art. 76, Inciso II da Lei Federal 14.133/2021; \*5 - Art. 76, Inciso II, alínea "a" da Lei Federal 14.133/2021; \*6 - Art. 76, Inciso II, alínea "b" da Lei Federal 14.133/2021; \*7 - Art. 76, Inciso II, alínea "f" da Lei Federal 14.133/2021; \*8 - Não aplicado a todos os RETIC; \*9 - Necessita Regulamentação; Legenda: AG - Agências Governamentais; RETIC - Resíduos de Equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação; SLR - Sistema de Logística Reversa; OCMRR - Organização de Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis.

Conforme apresentado na [Figura 11](#), uma alternativa de destinação de REEE seria a parceria com OCMRR, com foco no desmonte dos RETIC. Cabe salientar que as OCMRR não remuneram quem destina seus resíduos para as organizações. No entanto, a importância do serviço executado pelas OCMRR encontra-se na atividade de segregação de resíduos e destinação para empresas que fazem o devido aproveitamento como matéria prima secundária ou diretamente na produção de algum produto.

Há amparo legal para a participação de OCMRR na LR de resíduos de uso doméstico, conforme enunciado na Lei Federal nº12.305 (2010), no entanto a integração com o SLR de REEE (Art. 13 da Lei Federal nº 10.240/2020) depende de licenças em órgãos ambientais (idem, Inciso I),

habilitação em órgãos de vigilância sanitária (*ibidem*, Inciso II) e atendimento a normas técnicas (*ibidem*, Inciso III).

Nas OCMRR, pós-tratamento, havendo resíduos não aproveitados para reuso ou reciclagem, deverá realizar a destinação final ambientalmente adequada (Art. 42 do Decreto Federal nº 10.936 (2022)). Seu descumprimento pode ocasionar a perda da habilitação operacional (*idem*, Inciso I), o impedimento de atuação no Programa Coleta Seletiva Local (*ibidem*, Inciso II) e sanções legais dependendo do dano ambiental ou a saúde pública (*ibidem*, Inciso II).

A inclusão das OCMRR no processo de segregação impulsionaria o tratamento dos RETIC de origem governamental, mas depende de regulamentação e capacitação das organizações para o manejo deste tipo de resíduo.

As OCMRR precisam se adaptar para cumprir as exigências dos órgãos de controle ambiental, na implantação de áreas de beneficiamento primário dos REEE, criando linhas específicas de desmonte e segregação para gerarem valor agregado ao separar as partes e peças dos equipamentos, identificando os resíduos nocivos a saúde humana e ao meio ambiente. É importante que destinem os resíduos considerados perigosos para tratamento ou disposição final em aterro.

Logo, as OCMRR que conseguem atender os requisitos ambientais exigidos também estariam aptas a receber os REEE de origem governamental. Essa destinação cumpre a função social quando amplia o leque de resíduos que as OCMRR tratam, possibilitando que seus integrantes se capacitem neste tipo de material e comercializem itens como metais, fios, PCI, plásticos, partes e peças; e função ambiental quando as associações executam o beneficiamento primário segregando e categorizando os equipamentos, destinando de forma ambientalmente adequada.

Na destinação para o SLR devemos observar que nem todos os REEE de origem governamental poderiam ser encaminhados para este sistema. Ou seja, há de observar os limites do art. 20 da PNRS (BRASIL, 2010), que dentre suas determinações exige a elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, que incluem resíduos perigosos, como máquinas de raio-X. Alguns RETIC podem ser destinados para a SLR por similaridades, equiparando aos de origem doméstica devido às suas características. Neste caso, os RETIC seriam encaminhados para pontos de recebimento a que se refere o art. 48 parágrafo 2º do Decreto Federal nº10.240 (BRASIL, 2020), que prevê o quantitativo de pontos em função do número de habitantes na cidade.

## 5.1. CENTRO DE PROCESSAMENTO PRIMÁRIO

Inicialmente, propõe-se a criação de um Centro de Processamento Primário (CPP) de RETIC, a exemplo do CEDIR. O galpão central da SEGER em Cariacica-ES seria um propício local para criação do CPP, uma vez que já recebe todos os bens móveis considerados inservíveis.

A proposta destaca os RETIC de origem governamental, conforme sugestão abordada no [Capítulo 1](#), visto que o Governo do Estado do Espírito Santo gera em média 31 ton/ano ([Tabela 9](#)), sendo este montante análogo aos três maiores geradores constantes nos estudos apresentados na [Tabela 11](#).

Da mesma forma, um CPP voltado para recebimento dos RETIC possibilitará a inclusão de jovens aprendizes de cursos técnicos e servidores públicos com conhecimento em desmontagem e manutenção, e a doação de EEE funcionais para programas sociais.

Sendo assim, tomando como base a infraestrutura do CEDIR, a área do CPP deve possuir pelo menos 400 metros quadrados, ser coberta, ter acesso a água, luz e rede de dados; possibilitar a movimentação de caminhonetes.

Além disso, precisa possuir mesas e caixotes para segregar os REEE; estantes com rodas e paletes para a movimentação e acondicionamento dos caixotes; local para disposição das pilhas de equipamentos para triagem e para empilhar os REEE classificados como inservíveis; uma paleteira hidráulica com balança para movimentar os paletes e pesar a entrada e saída de REEE; um compressor para soprar os ETIC empoeirados; armários para armazenamento de ferramentas, partes e peças funcionais de equipamentos; quatro bancadas com gavetas e diversas tomadas para testar e montar equipamentos funcionais com cadeiras giratórias na altura da bancada; uma sala com estantes para armazenamento temporário de conjuntos funcionais (*desktop*, monitor, teclado e *mouse*); dois sanitários; uma cozinha com mesa cadeiras e refrigerador; uma sala administrativa com mesa, cadeiras e armários para guarda de documentos do projeto, reuniões, recepção de visitantes; uma sala com estante destinada a montagem de um mini museu da informática.

A equipe mínima deve ser composta por um segurança patrimonial; uma pessoa responsável pela limpeza local, quatro técnicos responsáveis pela execução das triagens e montagens; um responsável administrativo para receber as visitas de escolas interessadas em conhecer o processo; receber a chegada de REEE das AG após conferir documentação; receber eventuais doadores de REEE não governamental após preenchimento de termo de doação; recepcionar as

entidades de interesse público que retirarão os conjuntos funcionais como as *workstations*, após comprovação documental; cadastrar e receber empresas tratadoras de REEE que emitam certificação de destinação ambientalmente adequada.

Após a consolidação deste centro, programas sociais podem ser fomentados com foco na capacitação de mão de obra na manutenção de equipamentos e valorização do RETIC por meio do desmonte e segregação.

As sucatas dos RETIC, quando chegam no galpão, encontram-se justamente na fase de destinação para os leilões. A receita obtida com o beneficiamento primário das sucatas de RETIC pode subsidiar os custos de operação do CPP e eventualmente os custos de substituição dos equipamentos. Nessas condições o maior ganho passa a ser o socioambiental com a inclusão de jovens aprendizes e a valorização do RETIC de origem governamental.

Além disso, o CPP reduziria o tempo de armazenamento temporário dentro das AG, o que minimiza o risco de inutilização de peças funcionais em função da obsolescência.

Sendo assim, as etapas do gerenciamento de RETIC no CPP (vide [Figura 11](#)), seriam:

- Etapa 1: entrega do RETIC no CPP após o procedimento de baixa patrimonial dos bens móveis;
- Etapa 2: recepção dos RETIC e conferência se todos os equipamentos baixados foram entregues; separação por tipo de equipamentos em paletes e alocação na área de triagem;
- Etapa 3: deslocamento do palete da área de triagem com um tipo de RETIC até a bancada de testes; verificação de todas as unidades, separando em duas pilhas identificadas como funcionais e não-funcionais;
- Etapa 4: equipamento funcionais são categorizados e reservados por tipo em sala específica para reuso e/ou composição de conjunto funcional;
- Etapa 4.1: recepção dos pedidos de doação de conjuntos funcionais de RETIC por outras AG ou entidades de interesse público devidamente documentadas; elaboração do termo de retorno do RETIC quando este chegar ao fim do seu ciclo de vida, e eventualmente substituir por outro se assim desejar; separar o quantitativo de RETIC solicitados; entrega do conjunto funcional;
- Etapa 5: equipamentos não-funcionais são separados para desmonte (beneficiamento primário);

- Etapa 5.1: identificação de peças e/ou componentes funcionais; estes serão categorizados e armazenados em estante e caixas; equipamentos disponíveis para projetos de capacitação e inclusão digital de estudantes; também pode encaminhar para etapa 4;
- Etapa 5.2: identificação de peças e/ou componentes não funcionais; estes passam por um desmonte mais refinado, com separação por componentes, categorizados, acondicionados em caixotes; pesados;
- Etapa 5.3: peças e/ou componentes identificados como nocivos à saúde humana e ao meio ambiente; separados em caixas a serem destinadas para tratamento ou destinação final;
- Etapa 6: Venda: esta etapa recebe as saídas das passagens 5.1 e 5.2, sendo a última a de maior volume e que agrega valor ao RETIC; recepção das empresas certificadas de destinação de REEE inservíveis; pesagem dos paletes contendo as partes removidas com potencial de reciclagem; emissão de relatório de pesagem por palete; elaboração de termo de entrega de RETIC, com relatório de pesagem;
- Etapa 7: Com o valor arrecadado das vendas, investir em projetos de capacitação para inclusão digital; ofertar cursos online e/ou presencial de programação e/ou manutenção de computadores, dentre outros, para estudantes de baixa renda e comunidade do entorno onde o CPP se encontra; custear ferramentas e manutenção do CPP e equipamentos como teclado, mouse e memória para etapa 4.1;
- Etapa 8: Museu e Educação Ambiental: Uma estante pode ser destinada para receber equipamentos históricos; o local será palco para receber estudantes que serão instruídos sobre geração, problemática, reuso e reciclagem dos REEE promovendo a educação ambiental.

## 5.2 ANÁLISE DE BARREIRAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM CENTRO DE PROCESSAMENTO PRIMÁRIO

A implantação de um centro de processamento primário visa facilitar a classificação, reutilização e segregação de RETIC e encorajar a manutenção a custos menores que os de aquisição de novos ETIC, diferentemente do que ocorre no CEDIR que não beneficia os RETIC através da segregação dos diversos componentes existentes nos equipamentos. Apesar dos benefícios socioambientais, a implementação de um CPP tem como barreira de dimensão econômica a necessidade de investimento financeiro para sua implantação.

Os investimentos em infraestrutura incluem equipar os postos de trabalho com ferramentas e contentores para desmontagem e separação, além de áreas de triagem e armazenamento temporário. Há também o investimento no capital humano com a necessidade de designação de função ou descrição destas para contratações futuras ou possível terceirização desse tipo de mão de obra.

Nesse sentido, há possibilidade de convocação de jovens aprendizes, a exemplo de outros programas de inclusão patrocinados pelo governo local, como o "Jovens Valores".

Para as barreiras da dimensão capacitação e designação de função deve-se promover capacitação de melhores práticas de preservação e uso de ETIC para propiciar um uso mais eficiente, prolongar a vida útil, minimizar reparos e permitir a remanufatura. Para tanto, torna-se fundamental a realização de campanhas de conscientização acerca dos impactos ambientais e de saúde causados pela geração crescente de RETIC, abordando temas como prolongar a vida útil buscando o reparo como alternativa à substituição, destinação para a reciclagem e minimização da disposição final.

Também pode-se estabelecer em cada AG uma função de gestão operacional da RETIC, que seria responsável pelas decisões relativas à reparação, manutenção e encaminhamento para o CPP.

Diante das barreiras normativas, culturais e sociais há necessidade de revisar a legislação local e/ou nacional que regem a destinação de RETIC de origem governamental, regulamentando o armazenamento de equipamento em desuso, critérios para decisão de reparo, destinações para OCMRR ou SLR local, evitando sempre que possível o encaminhamento para aterros sanitários. No entanto, para efeito imediato, a elaboração de regulamentação interna da SEGER já possibilitaria encaminhar os RETIC do Governo do ES para um CPP.

Nesse sentido, torna-se premente um instrumento legal para a contratação do serviço de manejo de REEE de origem governamental com fornecimento de certificados de destinação ambientalmente adequada, minimizando a disposição final quando possível; manter os RETIC conservados e funcionais para que tenha maior valoração, armazenado adequadamente, reparando quando possível e destinando para reciclagem ou remanufatura quando necessário. Estando o equipamento em condições de reuso e atendendo as condições mínimas para operacionalizar atividades de estudo e/ou trabalho, deve este ser o principal foco da destinação. A reciclagem não é objeto das AG e essa destinação deve ocorrer em empresas terceirizadas. Criar critérios objetivos que mensuram a necessidade, ou não, de substituição de ETIC



Governamentais, valendo-se de *softwares* avaliadores, contribuindo para a redução da aquisição desnecessária e diminuindo o armazenamento de RETIC.

A dimensão administrativa também se beneficia do encaminhamento à SLR discutida no parágrafo anterior. Para esta dimensão há de se estimular a contratação do serviço de extensão de garantia, reparo e atualização de partes e peças dos ETIC, possibilitando o aumento do ciclo de vida dos equipamentos e evitando aquisições desnecessárias. É preciso criar procedimento para armazenamento adequado de RETIC, minimizar o acúmulo de equipamentos, facilitar o reparo quando possível, buscando outras destinações como a reciclagem.

O desenvolvimento de inventário, nesta dimensão, possibilita gerenciar ETIC e RETIC governamentais de forma atualizada, incluindo suas partes e peças, assegurando controle sobre aquisições, transferências, consumo dos recursos instalados, ciclo de vida útil, armazenamento, eventuais reparos, designação ambientalmente correta e se for o caso, objeto de depreciação. Deve-se formalizar a descrição das responsabilidades e controles dos RETIC, incluindo armazenamento, reparo e destinação, atribuindo-a ao gestor público ou fornecedor contratado para esse fim.

Cabe a área administrativa a produção de editais que facilite a aquisição de ETIC com escalabilidade, ampliando o armazenamento e o poder de processamento sem necessariamente substituí-los completamente, estendendo assim sua vida útil.

Em relação às barreiras da dimensão estrutural e tecnológica há de se criar um espaço central onde todos os RETIC das AG possam ser recebidos, classificados, armazenados e recuperados quando possível, como o sugerido CPP.

O objetivo da triagem é verificar se os equipamentos considerados inservíveis estão em condições de uso. Estando em condições de funcionamento, passaria para a montagem de partes e peças num conjunto operacional.

Os EEE quando classificados como RETIC devem ser separados por tipo, como monitor, teclado e mouse; e posteriormente por características como metais, plásticos, fios, dentre outras (GOLLAKOTA; GAUTAM; SHU, 2020).

Os conjuntos operacionais de EEE podem ser reutilizados em outras AG, escolas ou ainda doados para instituições de interesse público. Pode-se segregar as partes e peças do RETIC e agregar aos resíduos maior valor econômico para os leilões.

Além disso, estabelecer critérios de avaliação dos ETIC para minimizar a substituição e estender seu uso; possibilitar que gestores públicos transportem os RETIC ao CPP sempre que desejarem evitando assim o acúmulo de equipamentos e sua deterioração e obsolescência dentro das AG, favorecendo a destinação para reuso, reparo ou remanufatura.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento bibliográfico permitiu a identificação de 21 literaturas que abordam o gerenciamento de REEE e especificamente RETIC em instituições governamentais, na sua maioria em IES, com apenas quatro estudos em AG, demonstrando a baixa incidência de pesquisas diretamente neste *locus*. As barreiras foram identificadas e categorizadas nas dimensões econômica e financeira, capacitação e designação de função, normativo e sociocultural, administrativo, estrutural e tecnológica, com destaque para as barreiras nas ordens: administrativa que percebe a necessidade de procedimentos para armazenamento e criação de inventário de ETIC e RETIC de amplo acesso nas AG; e normativa onde o arcabouço legal precisa rever o conceito de vantajosidade financeira para o erário público e considerar elementos socioambientais. Sendo a legislação a maior barreira para a inclusão do RETIC de origem governamental na cadeia da LR, novos instrumentos regulatórios podem ser implementados para sanar esta demanda, e precisam incluir o RETIC de origem governamental no SLR, preservando o gestor público de eventuais processos administrativos caso decida por uma destinação alinhada às responsabilidades socioambientais que as AG deveriam exercer.

No gerenciamento de RETIC governamental foram identificadas barreiras separadas em dimensões e apresentadas oportunidades para seu manejo. Destaque para necessidade de estimular o aumento do ciclo de vida útil de ETIC na dimensão Econômica e Financeira; Na dimensão da Capacitação e Designação de Função, há necessidade de capacitação na temática da importância socioambiental e boas práticas na conservação dos ETIC; Na dimensão Normativa e Sociocultural, a cobrança para o manejo de REEE em AG é uma oportunidade de debate ao arraigado conceito de desprezo pelos resíduos em geral; Na dimensão Administrativa precisa elaborar editais que evitem a aquisição de ETIC de baixa qualidade e permitam atualização através a adição ou substituição de componentes, melhorando seu processamento e aumentando o ciclo de vida útil; A criação de infraestrutura para classificação, armazenagem e reparo de RETIC é o de maior ênfase na dimensão Estrutural e Tecnológica.

A base de dados fornecida pelo SIGA (2023) possibilitou o levantamento das movimentações de RETIC do Governo do Estado do Espírito Santo. Foram classificadas em aquisições, transferências, doações e baixas (patrimoniais) e para melhor tratamento das informações foram criados identificadores por tipo de ETIC. A consolidação dos dados demonstrou a necessidade de tratamento das informações da SEDU, separadamente das demais AG. Com o auxílio dos portais online do Governo, os quantitativos de movimentações da base de dados, foram

relacionados aos números de AG, funcionários, escolas e estudantes, apresentando evoluções e tendências. Foram identificadas forte tendência da SEDU no investimento de portáteis para estudantes, e retenção de ETIC nas AG, caracterizando aumento do ciclo de vida útil, aumento das transferências entre AG e/ou armazenamento de RETIC.

A mesma base de dados (SIGA, 2023) apresentou a quantidade de RETIC que passaram pelo processo de baixa patrimonial e tiveram como destinação o leilão. O peso médio de cada tipo de RETIC, bem como a geração de RETIC anual foi obtida a partir dos levantamentos bibliográficos acerca dos estudos de gerenciamento de RETIC que ocorreram em IES e AG. O quantitativo de funcionários públicos e estudantes foram obtidos nos portais online do Governo Local e Federal. Constatou-se que o Estado do Espírito Santo gera cerca de 31,0 t/ano de RETIC, sendo 17,2 t/ano no ambiente educacional e 13,8 t/ano consolidando as demais secretarias. Foi calculado também a geração média por funcionário público estadual se obtendo o valor de 1,05 kg/ano.

As principais sugestões de boas práticas para sua gestão são: análise com base em critérios de consumo de processamento e armazenamento de dados para justificar, ou não, a necessidade de substituição do ETIC; aumentar o ciclo de vida útil através da inclusão ou substituição de partes e peças que aumentem a capacidade de processamento; reuso do ETIC sempre que possível, tendo como exemplo a doação para entidades de interesse público, dentre outras. A criação de um centro de tratamento de RETIC, a exemplo do CEDIR em São Paulo, Brasil, é uma opção custosa, mas comprovou eficiência no tratamento de 57,5 t/ano anualmente no IES paulista, sendo este montante cerca de 85% maior que a geração de RETIC do Governo do ES. Como alterar a legislação não é algo fácil, a criação de um centro de tratamentos de RETIC é apontada com a solução mais viável, não se restringindo ao Governo do ES, mas servindo de base para outras AG brasileiras ou de outras nações.

Como sugestões para temas futuros, ainda dentro da temática de Gerenciamento de REEE em AG, há necessidade de aprofundamento na compreensão da geração de REEE por áreas de atuação como educação, saúde e segurança pública. Ou ainda sobre gerenciamento de REEE de lâmpadas em AG com dezenas de unidades prediais como escolas e hospitais.

Trazer à tona a necessidade de gerenciamento do RETIC em AG é imperativo e o envolvimento dos servidores e gestores públicos pode contribuir para minimizar a geração deste resíduo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. Brasil, São Paulo, 2021. Disponível em <https://abrelpe.org.br/download/37197>. Acesso em: 29 Ago 2022.

AGAMUTHU, P.; KASAPO, P.; NORDIN, N. A. M. E-waste flow among selected institutions of higher learning using material flow analysis model. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 105, 2015.

AHIRWAR, R.; TRIPATHI, A. K. E-waste management: A review of recycling process, environmental and occupational health hazards, and potential solutions. **Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management**, [s. l.], v. 15, n. May 2020, p. 100409, 2021.

ANDRADE, R. T. G.; FONSECA, C. S.; MATTOS, K. M. Geração E Destino Dos Resíduos Eletrônicos De Informática Nas Instituições De Ensino Superior De Natal-Rn. **Holos**, [s. l.], v. 2, p. 100, 2010.

ARAIN, A. L.; PUMMILL, R.; ADU-BRIMPONG, J.; BECKER, S.; GREEN, M.; ILARDI, M.; VAN DAM, E.; NEITZEL, R. L. Analysis of e-waste recycling behavior based on survey at a Midwestern US University. **Waste Management**, [s. l.], v. 105, p. 119–127, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X20300581?via%3Dihub>. Acesso em: 29 Ago 2022.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.

ARIF, N.; AFROZ, R. Electrical and Electronic Waste Management – A Case Study in University of Duhok, Iraq. **Journal of economics and sustainable development**, v. 5, n. 1, p. 21–27, 2014. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/3e8960192ea83661833426d8e41b772ec2e324bc>.

AZEVEDO, Luís Peres; ARAÚJO, Fernando Gabriel da Silva; LAGARINHOS, Carlos Alberto Ferreira; TENÓRIO, Jorge Alberto Soares; ESPINOSA, Denise Croce Romano. E-waste management and sustainability: a case study in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 24, n. 32, p. 25221–25232, 2017.

BABBITT, C. W.; WILLIAMS, E.; KAHHAT, R. Institutional disposition and management of end-of-life electronics. **Environmental Science and Technology**, [s. l.], v. 45, n. 12, p. 5366–5372, 2011.

BIMIR, M. N. Revisiting e-waste management practices in selected African countries. **Journal of the Air and Waste Management Association**, [s. l.], v. 70, n. 7, p. 659–669, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=uawm20>. Acesso em: 8 set. 2022.

BOB, Urmilla; PADAYACHEE, Anshu; GORDON, Mark; MOUTLANA, Irene. Enhancing Innovation and Technological Capabilities in the Management of E-Waste: Case Study of South

African Government Sector. **Science, Technology and Society**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 332–349, 2017. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/035a9698af437c6040cb9daacf622c476f3d3e1c>.

BONOLI, Alessandra; DOLCI, Nicoletta; FOSCHI, Eleonora; LALLI, Francesco; PRANDSTRALLER, Daria; ZANNI, Sara. End of service scenario for universities' informatic equipment: Recovery and repair as educational and research tool for circular economy and urban mining. **Detritus**, [s. l.], v. 4, n. December, p. 90–97, 2018.

BRASIL. **Decreto Federal nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020**. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto Federal nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Brasília, 2020. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/d10240.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10240.htm).

BRASIL. **Decreto Federal nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2022. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm).

BRASIL. **Decreto Federal nº 4.581 de 27 de janeiro de 2003**. Promulga a emenda ao anexo I e adoção dos anexos VII e IX à Convenção sobre o Controle e Movimentos Transfronteiriços de Resíduos e Disposição Final. Brasília, 2020. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/d4581.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4581.htm).

BRASIL. **Decreto Federal nº 9.373, de 11 de maio de 2018**. Dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequadas de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Brasília, 2018. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/d9373.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9373.htm).

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm).

BRASIL. **Lei Federal nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei Federal nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei Federal nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei Federal nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. Brasília, 2011. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm). Acesso em 01 mai. 2023.

BRASIL. **Lei Federal nº 14.133, de 1º de abril de 2021**. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Brasília, 2021. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm).

CAIZAGUANO, Carlos O.; FONSECA, Efraín; CAIZAGUANO, Carlos F.; VEGA, Michelle; BAZÁN, Patricia. Modelo de gestión de residuos de equipos de informática y telecomunicaciones para instituciones de educación superior. **Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información**, [s. l.], v. E31, n. Julio 2020, p. 436–451, 2020.

CARVALHO, Tereza Cristina; FACIANO, Alessandra; BICOV, Neuci; MARGARIDO, Irã; MITIE, Rosa; MARTINS, Leila; LIMA, Edson; SONNEWEND, Ligia; MORAES, Suzana; CAMILLI, Alberto; BONILHA, Eduardo. Cadeia de transformação de lixo eletrônico SP. **Chemistry &**, [s. l.], p. 1–15, 2008. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.200490137/abstract>.

CHEN, D.; FAIBIL, D.; AGYEMANG, M. Evaluating critical barriers and pathways to implementation of e-waste formalization management systems in Ghana: a hybrid BWM and fuzzy TOPSIS approach. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 27, n. 35, p. 44561–44584, 2020.

CHIBUNNA, John Babington; SIWAR, Chamhuri; BEGUM, Rawshan Ara; MOHAMED, Ahmad Fariz. The Challenges of E-waste Management Among Institutions: A Case Study of UKM. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [s. l.], v. 59, p. 644–649, 2012.

DALGO, Denisse; OCHOA-HERRERA, Valeria de Lourdes; PÉREZ, Gabriela; NARVÁEZ, René Parra; PEÑAFIEL, Ródney David; SÁENZ, Mateo; VELASCO, Alexandra. Campaña de Reciclaje de Residuos Electrónicos en la Universidad San Francisco de Quito. **ACI Avances en Ciencias e Ingenierías**, [s. l.], v. 7, n. 2, 2015.

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

DAYADAY, M. G.; GALLETTO, JR, F. A. Electronic Waste (E-Waste) Management of Higher Education Institutions in South Central Mindanao, Philippines. **Environment and Natural Resources Journal**, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 1–9, 2022. Disponível em: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/ennrj/article/view/247110>.

DENIZ, Pınar Özdemir; AYDIN, Çiğdem Yılmaz; KIRAZ, Emine Didem Evcı. Electronic waste awareness among students of engineering department. **Cukurova Medical Journal**. V.44(1), p.101-109, 2019. <https://doi.org/10.17826/cumj.440498>.

**DIRETIVA 2011/65/UE**. Parlamento Europeu e do Conselho. Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos. <http://data.europa.eu/eli/dir/2011/65/oj>. Acessado em 03.03.2023.

**DIRETIVA 2012/19/UE**. Parlamento Europeu e do Conselho de 4 de julho de 2012 relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE) (reformulação). União Europeia. 2012. <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/19/2018-07-04>.

EDUMADZE, John K.E.; TENKORANG, Eric Y.; ARMAH, Frederick A.; LUGINAAH, Isaac; EDUMADZE, Gladys E. Electronic Waste is a Mess: Awareness and Proenvironmental

Behavior Among University Students in Ghana. **Applied Environmental Education and Communication**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 224–234, 2013.

ESPÍRITO SANTO. GOVERNO DO ESTADO. Secretarias e Órgãos. ES Brasil 2021. Disponível em <https://www.es.gov.br/secretarias>; <https://www.es.gov.br/autarquias-e-orgaos>; e <https://www.es.gov.br/empresas-publicas>.

ESTEVAM, Renata. **Estratégias para Definição de Medidas Mitigadoras em Áreas Degradadas pela Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos Urbanos**. [s. l.], p. 33, 2019. Disponível em: [https://sappg.ufes.br/tese\\_drupal//tese\\_13829\\_Defesa\\_Estevam\\_VF\\_organized.pdf](https://sappg.ufes.br/tese_drupal//tese_13829_Defesa_Estevam_VF_organized.pdf).

FARIA, Rodrigo da Silva; SOUZA, Ricardo Gabbay de; FREITAS, Jéssica Galdino de; VIEIRA, Igor Laguna. Estimating the generation of waste electrical and electronic equipment in organizations: The case of a Brazilian federal agency. **Cleaner Engineering and Technology**, [s. l.], v. 5, 2021.

FERRONATO, N.; TORRETTA, V. **Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: [www.mdpi.com/journal/ijerph](http://www.mdpi.com/journal/ijerph). Acesso em: 15 dez. 2021.

FETANAT, A.; TAYEBI, M.; SHAFIPOUR, G. Management of waste electrical and electronic equipment based on circular economy strategies: navigating a sustainability transition toward waste management sector. **Clean Technologies and Environmental Policy**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 343–369, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10098-020-02006-7>.

FORTI, Vanessa; BALDÉ, Cornelis Peter; KUEHR, Ruediger; BEL, Garam. **The Global e-Waste Monitor 2020**. [S. l.: s. n.], 2020. *E-book*. Disponível em: <http://ewastemonitor.info/>.

GAVRILESCU, Daniela; ENACHE, Anișoara; IBĂNESCU, Dumitrița; TEODOSIU, Carmen; FIORE, Silvia. Sustainability assessment of waste electric and electronic equipment management systems: Development and validation of the SUSTWEEE methodology. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 306, 2021.

GBEDEMAH, Stephen Edem. **O Gerenciamento do Resíduo Eletrônico nas Economias dos Países em Desenvolvimento: Uma Análise do Caso de Gana, África**. Dissertação de Mestrado. UNB. 2020. Disponível em [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/40205/1/2020\\_StephenEdemGbedemah.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/40205/1/2020_StephenEdemGbedemah.pdf). Acesso em 01 mai 2023.

GOLLAKOTA, A. R. K.; GAUTAM, S.; SHU, C. M. Inconsistencies of e-waste management in developing nations – Facts and plausible solutions. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 261, n. October 2019, p. 110234, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110234>.

GOMES, Andressa S. T.; SOUZA, Luiza A.; YAMANE, Luciana H.; SIMAN, Renato R. Quantification of E-Waste : A Case Study in Federal. **Int J Environ Ecol Eng**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 195–203, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1129099>.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Convenção de Basileia**. Publicado em 29/11/2022. Disponível em:



<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/convencao-de-basileia>. Acesso em: 07 de mar. de 2023.

IBANESCU, Dumitrita; GAVRILESCU, Daniela Cailean; TEODOSIU, Carmen; FIORE, Silvia. Assessment of the waste electrical and electronic equipment management systems profile and sustainability in developed and developing European Union countries. **Waste Management**, [s. l.], v. 73, p. 39–53, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal Cidades@**. Brasil. 2022. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/panorama>.

IKHLAYEL, M. An integrated approach to establish e-waste management systems for developing countries. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 170, p. 119–130, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.137>.

ISLAM, M. T.; DIAS, P.; HUDA, N. Young consumers' e-waste awareness, consumption, disposal, and recycling behavior: A case study of university students in Sydney, Australia. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 282, 2021. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/e3f714a637837c2d318c452b0e3e676b7cb3eb2f>.

ISLAM, M. T.; HUDA, N. Material flow analysis (MFA) as a strategic tool in E-waste management: Applications, trends and future directions. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 244, n. April, p. 344–361, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.062>.

ISLAM, M. T.; HUDA, N. Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: A comprehensive literature review. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 137, n. November 2017, p. 48–75, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.026>.

KALOKI, N. **An Assessment Of Existing E-Waste Management Systems In Institutions Of Learning In Ruiru Subcounty, Kiambu County**. Dissertação de Mestrado. Kenyatta University. Quênia. 2014.

KITILA, A. W. Electronic Waste Management in Educational Institutions of Ambo Town, Ethiopia, East Africa. **International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 319–331, 2015. Disponível em: <https://www.gssrr.org/index.php/JournalOfBasicAndApplied/article/view/4587>.

KITILA, A. W.; WOLDEMIKAEL, S. M. Waste electrical and electronic equipment management in the educational institutions and governmental sector offices of Addis Ababa, Ethiopia. **Waste Management**, [s. l.], v. 85, p. 30–41, 2019.

KUMAR, S.; RAWAT, S. Future e-Waste: Standardisation for reliable assessment. **Government Information Quarterly**, [s. l.], v. 35, n. 4, p. S33–S42, 2018. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/386293f9ba90ce4904cd4c575ea7ae392d695928>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MAPHOSA, Vusumuzi. E-waste management and practices at zimbabwe's higher education institutions. **Journal of Higher Education Theory and Practice**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 155–

165, 2021. Disponível em: <https://articlegateway.com/index.php/JHETP/article/view/4046/3850>.

MAPHOSA, Vusumuzi; MACHERERA, Margaret; ZEZAI, David; MANGWANA, Jasper. E-Waste Awareness And Practices Of Zimbabwean University Students A Descriptive Study. **Journal of Theoretical and Applied Information Technology**, Vol.100, n. 18, p.5409-5418, 30 Set 2022. Disponível em: <http://www.jatit.org/volumes/Vol100No18/33Vol100No18.pdf>.

MAPHOSA, Vusumuzi; MAPHOSA, M. The state of e-waste management at Zimbabwe's Higher Education Institutions. *In:* , 2020. (S. U. Pudaruth S., Org.) **2020 International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems, icABCD 2020 - Proceedings**. [S. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85092056873&doi=10.1109%2FicABCD49160.2020.9183843&partnerID=40&md5=07bc83e9c08c3da8ff04ae7c74b48da8>.

MARQUES, C. G.; SILVA, V. G. E-waste in Portugal - A higher education-based study. **Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI**, [s. l.], n. July 2012, 2017.

MIGLIANO, J. E. B.; DEMAJOROVIC, J.; XAVIER, L. H. Shared responsibility and reverse logistics systems for e-waste in Brazil. **Journal of Operations and Supply Chain Management**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 91, 2014.

MIHAI, Florin Constantin; GNONI, Maria Grazie; MEIDIANA, Christia; EZEAH, Chukwunonye; ELIA, Valerio. Waste electrical and electronic equipment (WEEE): Flows, quantities, and management-a global scenario. *In:* BOOKS, E. S. & T. (org.). **Electronic Waste Management and Treatment Technology**. [S. l.]: Electronic Waste Management and Treatment Technology, 2019. p. 1–34. *E-book*. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02276468>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Substâncias Perigosas em Eletroeletrônicos (RoHS Brasileira)**. Angelo Gabriel Panagiotis Heusi. <http://antigo.mma.gov.br/seguranca-quimica/gestao-das-substancias-quimicas/rohs-brasileira.html>. 2019-08-05a. Acessado em 04.03.2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Ministério do Meio Ambiente celebra Acordo Setorial de Eletroeletrônicos**. Publicado em 31/10/2019b. Atualizado em 31/10/2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/ministerio-do-meio-ambiente-celebra-acordo-setorial-de-eletroeletronicos>. Acessado em: 07/04/2023.

MORALES, Lúcia Lucena. **Gestão do resíduo eletrônico na Universidade: estudo de caso no centro de descarte e reuso de resíduos de informática (CEDIR) USP**. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental – Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 1–110, 2014.

NAÇÕES UNIDAS. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. World Population Prospects 2022: **Summary of Results**. Disponível em:

[https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022\\_summary\\_of\\_results.pdf](https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf). Acessado em: 29.08.2022.

NNOROM, I. C.; OSIBANJO, O. Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries. [S. l.]: **Elsevier**, 2008.

ODHIAMBO, B. D. Generation of e-waste in public universities: The need for sound environmental management of obsolete computers in Kenya. **Waste Management**, [s. l.], v. 29, n. 10, p. 2788–2790, 2009.

OKORHI, Johnson Ojiyovwi; AMADI-ECHENDU, Joe E.; ADEREMI, Helen Olubunmi; UHUNMWANGHO, Roland; OKWUBUNNE, Anthony Chukwudi. Disconnect between policy and practice in developing countries: Evidence of managing e-waste from Nigeria. **African Journal of Science, Technology, Innovation and Development**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 523–531, 2019. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/c96f94ee279ca269994dad712fd27aeac9feb7db>.

OLANIYAN, O.S.; AYINDE, R.B.; ADEOTI, A.O.; ALABI, A.J. Electronic Waste Characterization and Management (Generation and Computation) in Ladoke Akintola University of Technology Main Campus. **Journal of Environmental Engineering and its Scope**. V.3 I.1. p.1-7. 2020.

ONU, 2019. **Convenção de Estocolmo = Stockholm**, 22 May 2001. Disponível em: <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP-CONVTEXT-2021.English.pdf>. Acessado em: 04 mar 2023.

OPARA, A. Development of an Integrated Sustainable Electronic Waste Management System for Higher Institutions in Rivers State. **RA Journal Of Applied Research**, [s. l.], v. 06, n. 12, p. 2763–2786, 2020.

PAES, Cátia Emiliana; BERNARDO, Marcella; LIMA, Renato da Silva; LEAL, Fabiano. Management of Waste Electrical and Electronic Equipment in Brazilian Public Education Institutions: Implementation Through Action Research on a University Campus. **Systemic Practice and Action Research**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 377–393, 2017. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11213-016-9399-y>.

PAINEL DE CONTROLE. **Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo - TCEES. 2020**. Disponível em: <https://paineldecontrole.tcees.tc.br/sobre>. Acesso em 21 abr. 2023.

PAINEL DE CONTROLE. **Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo - TCEES. 2021**. Distribuição de escolas públicas, matrículas e profissionais da educação no Estado e nos municípios. Disponível em: <https://paineldecontrole.tcees.tc.br/areasTematicas/Educacao-VisaoGeral>. Acesso em 21 abr. 2023.

PANIZZON, T. Avaliação da Geração de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEES) em uma Universidade Comunitária. [s. l.], p. 3–4, 2014.

PARAJULY, Keshav; FITZPATRICK, Colin; MULDOON, Orla; KUEHR, Ruediger. Behavioral change for the circular economy: A review with focus on electronic waste

- management in the EU. **Resources, Conservation and Recycling: X**, [s. l.], v. 6, n. November 2019, p. 100035, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100035>.
- PAUL, Johannes G.; ARCE-JAQUE, Joan; RAVENA, Neil; VILLAMOR, Salome P. Integration of the informal sector into municipal solid waste management in the Philippines - What does it need? **Waste Management**, [s. l.], v. 32, n. 11, p. 2018–2028, 2012.
- PORTAL DA TRANSPARÊNCIA. **Secretaria de Estado de Controle e Transparência - SECONT**. Disponível em <https://transparencia.es.gov.br/pessoal>. Acesso em 21 abr. 2023.
- PRITI; MANDAL, K. Review on evolution of municipal solid waste management in India: practices, challenges and policy implications. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, [s. l.], v. 21, n. 6, p. 1263–1279, 2019.
- SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO - SEDU. **Censo Escolar - Matrículas**. disponível em <https://educacao.sedu.es.gov.br/dados-educacionais>. Acesso em 07 maio 2023.
- SECRETARIA DE ESTADO DE GESTÃO E RECURSOS HUMANOS - SEGER. 30 dez. 2004. Disponível em: <https://seger.es.gov.br/>. Acesso em 21 abr. 2023.
- SECRETARIA DE ESTADO DE GESTÃO E RECURSOS HUMANOS - SEGER. Norma de Procedimento - SPA 008. **Instituir a norma de procedimento relacionada à baixa definitiva de bens móveis inservíveis no âmbito do respectivo Órgão detentor**. Ver.01. 2019.
- SECRETARIA DE ESTADO DE GESTÃO E RECURSOS HUMANOS - SEGER. Norma de Procedimento - SCL N° 001. **Padronizar os processos de compra de bens e contratação de serviços comuns por meio da modalidade licitatória Pregão**. Ver.04. 2020.
- SHITTU, O. S.; WILLIAMS, I. D.; SHAW, P. J. Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. **Waste Management**, [s. l.], v. 120, p. 549–563, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.016>.
- SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO ADMINISTRATIVA - SIGA. **Base de dados de movimentação de bens móveis do Governo do Estado do Espírito Santo do período de 2010 a 2022**. Espírito Santo. 2023.
- TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO - TCEES. 24 set. 1957. Disponível em: <https://www.tcees.tc.br/>. Acesso em 21 abr. 2023.
- VASILENKO, L.; GURAIKIENĖ, I.; VARŽINSKAS, V. Efficiency Assessment of E-waste Management System in Lithuanian Public Sector. **Environmental Research, Engineering & Management**, [s. l.], v. 49, n. 3, p. 56–63, 2009. Disponível em: <https://erem.ktu.lt/index.php/erem/article/view/32>.
- VICTOR, S.P.; KUMAR, S.Suresh. Planned Obsolescence – Roadway to Increasing E-Waste in Indian Government Sector. **International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)**. Volume-2, Issue-3, p.554-559. Jul. 2012.

WATANABE, F. P.; CANDIANI, G. Gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em instituições de ensino superior. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 169–186, 2019.

ZANGPO, Jigme; GAYLEY, Karma; WANGZOM, Karma; EUDON, Karma Kelzang. E-waste management: “A Case Study at the College of Science and Technology, Bhutan”. **International Journal of Advanced Scientific Research and Management**, [s. l.], v. 1, n. 9, 2016. Disponível em: [www.ijasrm.com](http://www.ijasrm.com).