

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**LOUISE CASTAGNARA ALBUQUERQUE**

**ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DA GERAÇÃO E DESCARTE DE RESÍDUOS  
ELETROELETRÔNICOS NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**Caçapava do Sul  
2023**

**LOUISE CASTAGNARA ALBUQUERQUE**

**ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DA GERAÇÃO E DESCARTE DE RESÍDUOS  
ELETROELETRÔNICOS NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr. Mariana Ribeiro Santiago

**Caçapava do Sul  
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

A345a Albuquerque, Louise Castagnara

Análise quali-quantitativa da geração e descarte de  
resíduos eletroeletrônicos na Universidade Federal do Pampa /  
Louise Castagnara Albuquerque.

55 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 2023.

"Orientação: Mariana Ribeiro Santiago".

1. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. 2. Descarte  
de resíduos. 3. UNIPAMPA. I. Título.

## LOUISE CASTAGNARA ALBUQUERQUE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Banca examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Mariana Ribeiro Santiago

---

Prof<sup>a</sup>. Ma. Luiza Rosso Mota

---

Prof. Dr. José W. Jiménez Rojas



Assinado eletronicamente por **MARIANA RIBEIRO SANTIAGO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/07/2023, às 15:39, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **JOSE WALDOMIRO JIMENEZ ROJAS, Diretor(a) Campus Caçapava do Sul**, em 20/07/2023, às 17:10, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Luiza Rosso Mota, Usuário Externo**, em 28/07/2023, às 12:05, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?a\\_cao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?a_cao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1191740** e o código CRC **E82E9505**.

## RESUMO

Desde o final da década de 1970 a indústria de produtos eletroeletrônicos vem crescendo e se desenvolvendo para atender cada vez mais a demanda tecnológica e proporcionar maior qualidade de vida à população consumidora. No entanto, o descarte desses produtos não seguiu o mesmo padrão, onde muitas vezes é feito incorretamente e, conseqüentemente, acaba por provocar danos ambientais e a saúde humana. Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) são classificados como perigosos de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, já que na sua composição podem apresentar diversas substâncias nocivas e tóxicas. Nesse contexto, as Instituições de Ensino Superior são grandes geradoras de resíduos eletroeletrônicos, e em muitos casos, podem apresentar dificuldades na gestão desses resíduos, bem como na identificação da quantidade e diferentes tipos de classificação dos mesmos. Desse modo, o presente trabalho analisou qualitativa e quantitativamente as informações sobre a geração e descarte dos resíduos eletroeletrônicos no período de 2015 a 2022, nos dez *campi* e Reitoria da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Através dos dados obtidos, constatou-se que a instituição descartou 3.433 REEE, no qual o campus de São Borja descartou a maior quantidade. No ano de 2020 não ocorreu nenhum descarte, entretanto, no ano de 2022 houve a maior quantidade de equipamentos descartados, com crescimento de aproximadamente 293% em relação ao ano anterior. Observou-se que a maioria dos *campi* não descartou REEE todos os anos, e com base no número de discentes, docentes e técnico-administrativos em cada campus, foi possível estabelecer uma relação entre eles e a quantidade de resíduos descartados. Porém essa relação não ocorre em todos os *campi*, no qual alguns que possuíam um maior número de indivíduos apresentaram uma quantidade relativamente menor de resíduos descartados, enquanto outros com menor quantidade de pessoas, registraram uma quantidade mais significativa de descartes. Por meio da classificação da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, classificou-se os REEE em quatro categorias, constatando que a categoria linha verde possuiu a maior quantidade de itens com 71,3% do total, e a linha branca possuiu a menor quantidade, com 0,8%. A análise da tipologia dos itens foi realizada apenas com os que possuíam maiores quantidades de REEE descartados em todos os *campi* e Reitoria, devido a grande quantidade encontrada. Em sua maioria, os

equipamentos eram predominantemente da área de informática e/ou comumente utilizados em escritórios, como monitores, estabilizadores, geofones, telefones de escritórios, microcomputadores, calculadoras financeiras e ventiladores. Não foi possível determinar se a UNIPAMPA está adotando práticas de destinação ambientalmente corretas para os equipamentos descartados, devido aos processos de desfazimento adotados e a falta de informações sobre o destino final desses resíduos. Portanto, a UNIPAMPA pode adotar algumas medidas para reduzir o descarte de REEE, prolongar a vida útil dos equipamentos eletroeletrônicos, e também contribuir para uma gestão mais responsável desses resíduos.

**Palavras-chave: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos; Descarte de resíduos; UNIPAMPA.**

## ABSTRACT

Since the end of the 1970s, the electronics industry has been growing and developing to increasingly meet the technological demand and provide a better quality of life for the consumer population. However, the disposal of these products did not follow the same pattern, where it is often done incorrectly and, consequently, ends up causing environmental damage and human health. Waste electrical and electronic equipment (WEEE) is classified as hazardous according to the Brazilian Association of Technical Standards, since its composition can contain various harmful and toxic substances. In this context, Higher Education Institutions are major generators of electronic waste, and in many cases, they may have difficulties in managing this waste, as well as in identifying the amount and different types of classification thereof. Thus, the present work analyzed qualitatively and quantitatively the information on the generation and disposal of electronic waste in the period from 2015 to 2022, in the ten campuses and Rectory of the Federal University of Pampa (UNIPAMPA). Through the data obtained, it was found that the institution discarded 3,433 WEEE, in which the São Borja campus discarded the largest amount. In 2020, there was no disposal, however, in 2022 there was the largest amount of equipment discarded, with an increase of approximately 293% compared to the previous year. It was observed that most campuses did not discard WEEE every year, and based on the number of students, professors and technical-administrative staff on each campus, it was possible to establish a relationship between them and the amount of waste discarded. However, this relationship does not occur in all campuses, in which some that had a greater number of individuals had a relatively smaller amount of discarded waste, while others with a smaller number of people registered a more significant amount of discards. Through the classification of the Brazilian Agency for Industrial Development, WEEE was classified into four categories, noting that the green line category had the highest number of items with 71.3% of the total, and the white line had the lowest amount, with 0.8%. The analysis of the typology of the items was carried out only with those that had the highest amounts of discarded WEEE on all campuses and the Rectory, due to the large amount found. Most of the equipment was predominantly from the IT area and/or commonly used in offices, such as monitors, stabilizers, geophones, office phones, microcomputers, financial calculators and fans. It was not possible to determine whether UNIPAMPA is

adopting environmentally correct disposal practices for discarded equipment, due to the adopted disposal processes and the lack of information about the final destination of this waste. Therefore, UNIPAMPA can adopt some measures to reduce the disposal of WEEE, extend the useful life of electrical and electronic equipment, and also contribute to a more responsible management of this waste.

**Keywords: Waste electrical and electronic equipment; Waste disposal; UNIPAMPA.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação da ABDI por categorias.....	17
Figura 2 - Logo representando os processos da logística reversa.....	27
Figura 3 - Mapa com a localização dos dez <i>campi</i> da UNIPAMPA.....	29
Figura 4 - Quantidade por unidade de REEE descartados em cada campus.....	33
Figura 5 - Quantidade de REEE descartados por ano.....	35
Figura 6 - Quantidade por unidade de REEE descartados no período de 2015 a 2022, classificados por categoria.....	39
Figura 7 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Alegrete.....	40
Figura 8 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Bagé.....	41
Figura 9 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Caçapava do Sul.....	41
Figura 10 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Dom Pedrito.....	41
Figura 11 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Itaqui.....	42
Figura 12 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Jaguarão.....	42
Figura 13 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Santana do Livramento.....	42
Figura 14 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de São Borja.....	43
Figura 15 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de São Gabriel.....	43
Figura 16 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Uruguaiana.....	43
Figura 17 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, na Reitoria.....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos segundo a Diretiva Europeia 2012/19/UE.....	18
Tabela 2 - Elementos presentes nos REEE e seus principais dados à saúde e ao meio ambiente.....	21
Tabela 3 - Quantidade de discentes, docentes e técnico-administrativos em cada campus, e suas respectivas porcentagens, e a porcentagem de REEE descartados por campus.....	34
Tabela 4 - Análise estatística sobre a quantidade de REEE descartados por campus e anualmente, e da quantidade de pessoas em cada <i>campi</i> .....	37
Tabela 5 - Análise qualitativa dos equipamentos que estão em maior quantidade por categoria.....	39
Tabela 6 - Análise qualitativa dos equipamentos que estão em maior quantidade em cada <i>campi</i> , com a quantidade em unidade e sua respectiva porcentagem.....	46

## LISTA DE SIGLAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial  
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ABS - Copolímero derivado dos três monômeros: acrilonitrila, butadieno e estireno  
CPUs - Unidade central de processamento  
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente  
DVD - Expressão inglesa para digital video disc  
FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental  
GURI - Gestão Unificada de Recursos Institucionais  
HIPS 10 - Poliestireno de alto impacto  
ONU - Organização das Nações Unidas  
PCB's - bifenilas policloradas  
PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos  
PVC - policloreto de vinila  
REEE - Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos  
Sisnama - Sistema Nacional do Meio Ambiente  
UNIPAMPA - Universidade Federal do Pampa  
UNEP - United Nations Environment Programme  
VHS - Velocidade de Hemossedimentação

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>14</b>
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE).....</b>	<b>15</b>
<b>4.1.1 Impactos dos resíduos eletroeletrônicos no meio ambiente e na saúde humana.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.2 Legislação e a indústria de eletroeletrônicos no Brasil.....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 Alternativas de destinação de resíduos eletroeletrônicos.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2.1 Logística reversa.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2.2 Reciclagem.....</b>	<b>28</b>
<b>5 METODOLOGIA .....</b>	<b>29</b>
<b>5.1 Área de estudo e coleta de dados.....</b>	<b>29</b>
<b>5.2 Aspectos éticos.....</b>	<b>30</b>
<b>5.3 Critérios de inclusão e exclusão .....</b>	<b>30</b>
<b>5.4 Análise de dados.....</b>	<b>30</b>
<b>5.5 Análise estatística.....</b>	<b>32</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>6.1 Análise quantitativa dos REEE descartados na UNIPAMPA.....</b>	<b>32</b>
<b>6.1.1 Análise da quantidade de REEE descartados e a sua relação com a quantidade de discentes, docentes e técnico-administrativos.....</b>	<b>33</b>
<b>6.1.2 Análise da quantidade de REEE descartados por ano.....</b>	<b>35</b>
<b>6.1.3 Análise estatística descritiva.....</b>	<b>36</b>
<b>6.2 Análise qualitativa dos REEE descartados na UNIPAMPA.....</b>	<b>38</b>
<b>6.2.1 Classificação dos REEE em categorias.....</b>	<b>38</b>
<b>6.2.2 Análise da tipologia de REEE.....</b>	<b>45</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da indústria eletrônica, a partir do final da década de 1950, trouxe diversos benefícios para a população em escala global, com o surgimento da digitalização de produtos elétricos tradicionais, e com a disseminação de equipamentos eletroeletrônicos. Devido ao aumento da população mundial e a necessidade de se ter uma maior qualidade de vida através de inovações tecnológicas, o consumo de materiais eletroeletrônicos cresceu demasiadamente, fazendo com que houvesse uma maior oferta e demanda desses produtos ao longo dos anos. Junto a isso, surgiu um dos maiores problemas ambientais do mundo moderno, sobretudo em países em desenvolvimento: o descarte incorreto de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) (SCHONS, 2012).

O resíduo eletrônico, também conhecido como e-lixo, pode ser qualquer tipo de dispositivo que contenha um plugue, cabo elétrico ou bateria, como por exemplo computadores, celulares, televisores, monitores, geladeiras, entre outros, que chegaram ao fim da sua vida útil. Eles são constituídos por uma grande diversidade de componentes e materiais, sendo que em alguns equipamentos eletroeletrônicos ainda pode conter metais preciosos, como ouro, cobre, níquel e materiais raros de valor estratégico, como índio e paládio. As fontes de geração desses materiais são comumente compostas por empresas, estabelecimentos comerciais, residências familiares, universidades e escolas (WORLD ECONOMIC FORUM, 2019).

É considerada recente a preocupação acerca dos diversos impactos ambientais causados pela falta de uma gestão correta dos REEE descartados. A ausência de políticas de gestão ou fiscalização da destinação final dos resíduos agravam o nível de degradação ambiental, originando efeitos diretos ou indiretos à sociedade, pois muitos destes resíduos acabam por não serem coletados e tratados de forma certa (LINHARES *et al.*, 2012).

Segundo Santos (2018), o índice de produção mundial de resíduos cresce a cada dia em progressão geométrica em relação ao crescimento populacional. Devido ao início do processo de globalização na década de 1980, houve o surgimento de novas tecnologias e em seguida a prática do comércio internacional começou a se expandir. Com essa inovação inserida na sociedade mundial, os países em desenvolvimento começaram a ter acesso aos bens de consumo de tecnologia de ponta, e conseqüentemente houve um crescimento na curva de

geração de REEE. Atualmente os países desenvolvidos, como Estados Unidos, Japão e Canadá, são apontados como os maiores geradores de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, considerando que o acesso à tecnologia e o poder aquisitivo são maiores que nos países em desenvolvimento, como por exemplo Brasil, Índia e Coreia do Sul.

Uma grande parte dos REEE existentes atualmente são provenientes de produtos que foram fabricados antigamente e não possuem mais utilidades, como por exemplo fitas VHS, tocadores de DVD, tubos de raios catódicos de televisores e monitores de computador, sendo alguns deles considerados perigosos e tóxicos para o meio ambiente e à saúde humana, por conterem elementos tóxicos como chumbo (WORLD ECONOMIC FORUM, 2019).

No Brasil a legislação para REEE é considerada recente em relação a outros países. Seguindo o exemplo da União Europeia, que conta com uma legislação pertinente desde 2003, foi criado o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em agosto de 2010, para determinar e regulamentar a responsabilidade sobre a geração e destinação do resíduo produzido, entre eles os REEE. A PNRS é a primeira legislação nacional a tratar especificamente dos resíduos eletroeletrônicos, e os classifica como sendo perigosos e devendo fazer parte dos resíduos a serem beneficiados por um sistema de logística reversa. Ele ainda busca auxiliar a população em geral quanto à prevenção e redução da geração de resíduos eletroeletrônicos (PEREIRA, 2020; TROMBINI *et al.*, 2013).

Nos setores públicos, como as universidades federais, há uma legislação específica para a gestão dos REEE que determina a responsabilidade sobre o patrimônio estatal. A Lei Ordinária nº 8.666 de 1993 estimula a logística reversa, porém impede que haja a contratação de terceiros para efetuar a reciclagem desses materiais, o que acaba por reduzir as opções necessárias para se adaptar à legislação ambiental (BISCAINO, 2012).

A instituição de ensino superior escolhida para a produção deste trabalho foi a Universidade Federal do Pampa, que por ser uma fonte de geração de diversos tipos de resíduos eletroeletrônicos em suas atividades, se torna indispensável um estudo mais abrangente sobre eles, para facilitar a gestão dos resíduos produzidos e, principalmente, certificar-se que a UNIPAMPA está tendo uma destinação final ambientalmente correta.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo geral é realizar uma análise qualitativa e quantitativa dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) descartados pela Universidade Federal do Pampa, localizada no Rio Grande do Sul, no intervalo de anos de 2015 a 2022.

### 2.2 Objetivos específicos

- a) Classificar os REEE em categorias, segundo a classificação da ABDI;
- b) Apontar qual *campi* gerou a maior quantidade de REEE;
- c) Verificar se a quantidade de REEE descartados está relacionada com o número de discentes, docentes e técnico-administrativos de cada campus;
- d) Identificar os principais tipos de resíduos gerados.

## 3 JUSTIFICATIVA

As mudanças na indústria tecnológica foram indispensáveis para poder atender a demanda da população. Nas últimas décadas os equipamentos eletroeletrônicos se tornaram indispensáveis no dia a dia e se consolidaram em todas as áreas, como por exemplo na saúde, educação, medicina, comunicação, cultura, lazer e proteção ao meio ambiente, o que aumentou consideravelmente o seu consumo. Com o surgimento do consumismo desenfreado, os equipamentos eletroeletrônicos começaram a se tornar obsoletos em um curto espaço de tempo, e conseqüentemente, começou a haver uma grande geração de REEE (BOSLE *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2013).

A *World Economic Forum* (2019) aponta que os equipamentos eletroeletrônicos contribuem muito para a humanidade, apresentando inúmeros benefícios e oferecendo variadas oportunidades de desenvolvimento por trazerem ferramentas que auxiliam na digitalização e conectividade, e também por expandir a educação e facilitar o comércio. Porém, apesar dos inúmeros benefícios, quando ocorre o descarte incorreto desses resíduos eletroeletrônicos, acarreta em impactos negativos por apresentarem metais pesados na sua composição, como chumbo, cádmio, níquel, mercúrio, entre outros, que podem ocasionar na poluição da água,

do solo e do ar, e também causar danos à saúde humana (MARTINS *et al.*, 2019).

Na perspectiva de instituições públicas de ensino, despontou a curiosidade de saber mais sobre como ocorre os processos de geração e descarte dos resíduos eletroeletrônicos na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), e também para saber mais sobre quais são os tipos de resíduos e a quantidade que foi gerada, e se a instituição está dando uma destinação ambientalmente correta para eles. No intuito de compreender mais sobre o assunto, e levando em consideração que nos 16 anos de história da UNIPAMPA existem pouquíssimos trabalhos desenvolvidos na instituição acerca da temática dos resíduos eletroeletrônicos, tem-se como essas as justificativas para o estudo, com base nos dados obtidos através do sistema de Gestão Unificada de Recursos Institucionais (GURI) da própria instituição. Além disso, a proposta do trabalho também pode servir como base de futuros estudos em outras instituições de ensino.

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A revisão bibliográfica realizada tem por objetivo apresentar os conceitos acerca dos REEE, os principais impactos causados por eles, tanto no âmbito da saúde pública, quanto no ambiental, e também a legislação que os tange no contexto do Brasil e os métodos ambientalmente corretos para descarte destes resíduos.

### **4.1 Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE)**

Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), os equipamentos eletroeletrônicos são definidos como todos produtos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos (ABDI,2013).

De acordo com a Norma Brasileira 10004:2004, os resíduos sólidos podem ser classificados segundo o nível de segurança em perigosos e não-perigosos, sendo que os resíduos eletroeletrônicos estão classificados como resíduos classe I - perigosos. Essa classificação se dá pelos riscos que eles fornecem ao meio ambiente e à saúde pública quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada

(BRASIL, 2004).

Os equipamentos eletroeletrônicos passam a ser considerados como resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) quando atingem o fim de sua vida útil, não havendo mais possibilidades de reuso, reparo ou até de uma atualização. Devido à inserção de novas tecnologias a cada ano no mercado tecnológico, e também pela falta de peças de reposição, alguns equipamentos de telecomunicações possuem um ciclo de obsolescência mais curto sendo substituídos e descartados mais rapidamente na maioria das vezes (ABDI, 2013).

Para Watanabe e Candiani (2019), as Instituições de Ensino Superior produzem uma quantidade considerável de resíduos eletroeletrônicos e afirmam que elas devem dispor de mais cautela quanto ao reaproveitamento desses resíduos, pois muitos dos componentes presentes nos equipamentos poderiam ser reaproveitados, como por exemplo na remanufatura de computadores mais básicos a serem utilizados em projetos extensionistas, no âmbito de escolas, comunidades e instituições não governamentais. De acordo com os mesmos autores, seria conveniente considerar a implantação de programas de inclusão digital nas instituições, e também disponibilizar mais informações e desenvolver práticas adequadas acerca da gestão dos REEE para que haja o descarte ambientalmente correto deles.

No Brasil, a ABDI (2013) classifica os REEE em quatro amplas categorias, conforme a função que cada um exerce e o meio em que estão inseridos, disponíveis na figura 1. Alguns desses equipamentos possuem tempo de vida útil mais curto, como é o caso das linhas marrom e verde.

Figura 1 - Classificação da ABDI por categorias.



Fonte: ABDI (2013).

Em um contexto global, a Europa pode ser considerada como o centro da gestão de REEE por ter a concentração dos maiores estudos e esforços em prol da gestão dos resíduos eletroeletrônicos. Tendo como base o desenvolvimento de uma economia circular e com o objetivo de considerar os resíduos como recursos usados de maneira mais eficiente e sustentável, foi estabelecida a Diretiva Europeia 2012/19/UE, que abrange toda a União Europeia. Ela aponta o gerenciamento de REEE no final da vida útil, e os define como aqueles equipamentos cujo funcionamento depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos (BERLUCCI, 2011; PACHECO *et al.*, 2018; PEREIRA, 2020).

De acordo com a diretiva, os REEE eram divididos em dez categorias diferentes, a partir de seu volume e utilidade, sendo eles: grandes eletrodomésticos, pequenos eletrodomésticos, equipamentos de informática e de telecomunicações, equipamentos de consumo, equipamentos de iluminação, ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões), brinquedos, equipamentos de esporte e lazer, aparelhos médicos (com exceção de todos os produtos implantados e infectados), instrumentos de monitoramento e controle, e distribuidores automáticos. No entanto, a partir de 15 de agosto de 2018 o Parlamento Europeu e o Conselho aderiram a uma nova classificação para os equipamentos eletroeletrônicos, que passaram a ser classificados em 6 novas

categorias, descritos na Tabela 1 (PEREIRA, 2020).

Tabela 1 - Classificação dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos segundo a Diretiva Europeia 2012/19/UE.

<b>CATEGORIAS</b>	<b>TIPO DE EQUIPAMENTO</b>	<b>DIMENSÕES</b>
Categoria 1	Equipamentos de regulação de temperatura.	-
Categoria 2	Telas e monitores.	Equipamentos com telas de superfície superior a 100 cm <sup>2</sup> .
Categoria 3	Lâmpadas.	-
Categoria 4	Equipamentos de grandes dimensões.	Dimensão externa superior a 50 cm, com exceção dos equipamentos das categorias 1, 2 e 3.
Categoria 5	Equipamentos de pequenas dimensões.	Dimensões externas inferiores a 50 cm, com exceção dos equipamentos abrangidos pelas categorias 1, 2, 3 e 6.
Categoria 6	Equipamentos de informática e de telecomunicações de pequenas dimensões.	Nenhuma dimensão externa superior a 50 cm.

Fonte: adaptado de Diretiva Europeia 2012/19/UE (2018).

De acordo com o relatório publicado no ano de 2009 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, a América Latina produz por ano uma média de 9% de todo o lixo produzido no planeta, e também mostra que o Brasil é o país emergente que mais gera lixo eletrônico (UNEP, 2009).

O relatório *Global E-Waste Monitor* de 2017, desenvolvido pela Universidade das Nações Unidas (ONU), juntamente com a União Internacional de Telecomunicações e a Associação Internacional de Resíduos Sólidos, mostra que foram produzidos cerca de 44.7 milhões de toneladas de resíduos eletroeletrônicos no mundo em 2016, sendo que o Brasil foi considerado o maior produtor de lixo da América Latina com 1.5 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos que produziu 6.3 milhões de toneladas. Ainda de acordo com o relatório,

estima-se que cada brasileiro gera em torno de 7,4 kg de lixo eletrônico por ano, e no cenário americano, das 11.3 milhões de toneladas de resíduos produzidos, apenas 1.9 milhões (17%) de toneladas foram coletadas e recicladas, tendo uma geração de 11,6 kg de lixo eletrônico por habitante (BALDÉ *et al.*, 2017).

Segundo dados do relatório *Global E-Waste Monitor* de 2020, no ano de 2019 foram gerados em todo o mundo em torno de 53,6 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos. Além disso, dados do mesmo relatório mostram que o Brasil foi o quinto país que mais gerou resíduos eletrônicos no mesmo ano, com um total de 2 milhões de toneladas, ficando em primeiro lugar no ranking da América Latina de países mais geradores (FORTI *et al.*, 2020).

#### **4.1.1 Impactos dos resíduos eletroeletrônicos no meio ambiente e na saúde humana.**

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos podem conter mais de mil substâncias diferentes, sendo algumas de grande valor econômico. Essas substâncias são divididas em materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos. Eles são compostos por materiais diversos como plásticos, vidros, componentes eletrônicos, mais de vinte tipos de metais pesados e outros. Estes materiais estão frequentemente dispostos em camadas e subcomponentes fixados por solda ou cola, sendo que a concentração de cada um pode ser microscópica ou de grande escala nos produtos. Desde a extração de cada um dos compostos é exigido um procedimento diferenciado, e portanto, quando houver a separação para processamento e eventual reciclagem, será mais complexo, tendo um custo e impacto maiores do que quando feito o recolhimento e tratamento de resíduos, como por exemplo de latas de alumínio, garrafas de vidro e outros (ABDI, 2013; BOSLE *et al.*, 2015).

Os metais presentes nos REEE podem ser caracterizados como metais preciosos (ouro, prata, paládio e platina), metais base (cobre, alumínio, níquel, estanho, zinco e ferro) e metais tóxicos (mercúrio, berílio, índio, chumbo, cádmio, arsênio e antimônio). Os materiais cerâmicos são compostos basicamente de sílica, alumina, óxidos alcalinos e alcalino-terrosos, entre outros óxidos. E os materiais poliméricos são, principalmente, ABS (copolímero derivado dos três monômeros:

acrilonitrila, butadieno e estireno), HIPS 10 (poliestireno de alto impacto) e PVC (policloreto de vinila), polietileno, polipropileno e policarbonatos (XAVIER *et al.*, 2014).

As substâncias que podem ser consideradas mais problemáticas no que se refere à saúde humana e meio ambiente são os metais pesados, gases de efeito estufa, como os CFC (clorofluorcarbonetos), as substâncias halogenadas, bifenilas policloradas (PCB's), cloreto de polivinila (PVC), os retardantes de chama bromados (PBB e PBBE) e o arsênio (RODRIGUES, 2007).

O solo possui um maior risco de ser contaminado por substâncias poluentes provenientes dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos quando, após dispostas em lugares inadequados, essas substâncias são arrastadas pelas águas superficiais e subterrâneas até distâncias que se encontrem fora das áreas sob controle e monitoramento, podendo atingir uma grande área de contaminação. Em virtude disso, o estudo da contaminação do solo e as soluções adotadas para evitá-la estão quase sempre relacionados com a contaminação das águas, e ainda a área de disposição ou confinamento de resíduos pode gerar outros riscos associados com a contaminação do solo, como odores, gases tóxicos, chorume e fauna nociva (ARAUJO, 2015).

Devido à falhas nos processos de coleta e destinação final correta dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, grande parte das substâncias compostas neles são descartados no meio ambiente de maneira imprópria ou gerenciados de modo inadequado. Se houver a destinação incorreta do material, surgirão casos de contaminação humana decorrentes da exposição a altas concentrações de metais pesados e outras substâncias presentes nesses equipamentos. Conseqüentemente, os REEE são considerados como resíduos perigosos e exigem um plano de gestão que tenha como objetivo principal a sua destinação ambientalmente correta (XAVIER *et al.*, 2014).

De acordo com a *United Nations Environment Programme* (UNEP) (2009), existem três níveis para determinar o grau de toxicidade emitido pelos REEE que sofreram descarte inapropriado e a reciclagem inadequada, podendo ser diferenciadas:

- Emissões primárias: decorrentes de substâncias perigosas presentes no resíduo eletrônico (chumbo, mercúrio, arsênio, bifenilas policloradas (PCBs),

Nuidos de refrigeração etc.);

- Emissões secundárias: decorrentes de reações resultantes do tratamento inadequado do resíduo eletrônico (dioxinas e furanos originários de incineração inadequada de plásticos contendo retardante de chama halogenado).
- Emissões terciárias: decorrentes do uso de substâncias ou reagentes empregados durante o processo de reciclagem (cianeto ou outros agentes lixiviadores, mercúrio para a amalgamação etc).

Dessa maneira, o manejo adequado dos REEE é uma importante estratégia de preservação do meio ambiente, bem como de promoção e proteção da saúde. A justificativa para se ter uma exigência maior nos processos de gestão e gerenciamento desses resíduos se dá pelo fato de que alguns materiais encontrados neles são metais pesados que causam diversos riscos à saúde humana e ao meio ambiente, como mostra a tabela 2 (XAVIER *et al.*, 2014).

Tabela 2 - Elementos presentes nos REEE e seus principais dados à saúde e ao meio ambiente.

<b>ELEMENTOS</b>	<b>DANOS CAUSADOS AO MEIO AMBIENTE</b>	<b>DANOS CAUSADOS À SAÚDE HUMANA</b>
Alumínio	-----	A contaminação crônica pode estar envolvida com o desenvolvimento do mal de Alzheimer.
Bário	Os compostos de bário quando dissolvidos em água são extremamente venenosos.	Complicações cardiovasculares, vasoconstrição e consequente hipertensão arterial, e ainda efeitos no Sistema Nervoso Central.
Cádmio	Bioacumulação em seres vivos, persistente e tóxico para o meio ambiente.	Meia vida de 30 anos nos rins e bioacumulação em outros órgãos vitais, ocasionando lesões teciduais e neoplasias pela intoxicação crônica. Pode provocar câncer e desmineralização óssea, problemas pulmonares e envenenamento.
Chumbo	Bioacumulação em seres vivos,	É o mais tóxico de todos, sua

ELEMENTOS	DANOS CAUSADOS AO MEIO AMBIENTE	DANOS CAUSADOS À SAÚDE HUMANA
	efeitos tóxicos na fauna, flora e em microrganismos.	bioacumulação no fígado, rins e cérebro provoca quadros de intoxicação crônica no sangue, sistema nervoso central, renal e hepático.
Cobre	Por ser facilmente fragmentado, pode se acumular em plantas e animais.	Leva à lesões hepáticas, como a cirrose, entre outros quadros que impactam em toda fisiologia do organismo.
Cromo	Absorção celular por plantas e animais, gerando efeitos tóxicos.	Provoca bioacumulação nos pulmões, reações alérgicas em contato com a pele, é cáustico e genotóxico
Mercúrio	Bioacumulação em seres vivos, solúvel em água, contaminando diversos biomas.	Causam danos cerebrais e cumulativos e podem passar para o feto. Gengivite, salivação, diarreia, dores abdominais, congestão, inapetência, indigestão, dermatite e elevação da pressão arterial; estomatites, ulceração da faringe e do esôfago, lesões renais e no tubo digestivo; insônia, dores de cabeça, colapso, delírio, convulsões.
Níquel	-----	Carcinogênico.
Prata	-----	10g na forma de Nitrato de Prata são letais ao homem.
Zinco	-----	Complicações pulmonares.

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2007), Durán (2003), Bezerra (2009) e Silva *et al.*, (2007).

Os elementos presentes na Tabela 2 são potencialmente tóxicos e podem resultar em dois tipos de riscos: a contaminação das pessoas que manipulam os

REEE e a contaminação do meio ambiente. A contaminação das pessoas que manipulam os resíduos eletroeletrônicos, estão os consumidores que mantêm e utilizam em casa equipamentos antigos, e as pessoas envolvidas com a coleta, triagem, descaracterização e reciclagem desses equipamentos, pois elas estão potencialmente expostas ao risco de contaminação por metais pesados ou outros elementos. Já a contaminação do meio ambiente ocorre por causa dos REEE que são depositados diretamente na natureza ou junto a rejeitos orgânicos, e mesmo sendo dispostos em aterros sanitários, pode haver a contaminação do chorume pelo contato com a água e metais pesados. Além disso, se houver penetração no solo, poderá contaminar lençóis subterrâneos ou acumular-se em seres vivos, com consequências negativas para o ambiente como um todo (SILVA *et al.*, 2007).

#### **4.1.2 Legislação de resíduos eletroeletrônicos no Brasil**

No intuito de que houvesse uma melhor gestão dos resíduos, foram criadas normas e diretrizes, sendo a principal delas a Lei Federal nº. 12.305 de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Essa lei dispõe sobre seus objetivos, princípios e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

De acordo com a Lei Federal nº. 12.305 (BRASIL, 2010), a PNRS também prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos. Institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo. Ela também cria metas importantes que irão contribuir para a eliminação dos lixões e institui instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual, microrregional, intermunicipal e metropolitano e municipal; além de impor que os particulares elaborem seus Planos de Gerenciamento de

Resíduos Sólidos. E coloca o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal e inova com a inclusão de catadoras e catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na Logística Reversa quanto na Coleta Seletiva (BRASIL, 2010).

Um dos pontos considerados relevantes na legislação foi a obrigatoriedade da estruturação e implementação de sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, por parte de fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes. Embora estes atores sejam responsáveis pela elaboração dos sistemas, a legislação brasileira prevê a gestão compartilhada do processo de recolhimento dos resíduos pós-consumo, instituindo a responsabilidade dividida entre sociedade, governos e setor produtivo pelo ciclo de vida dos produtos (SCHONS, 2012).

Na implementação da gestão ambiental, as empresas são responsáveis não apenas pela administração de suas atividades, como também pela tomada de decisões que impactam diretamente o projeto, a fabricação de seus produtos, bem como a destinação de resíduos na etapa pós-consumo e a reinserção de materiais e produtos em cadeias produtivas que suportem materiais reciclados e/ou recicláveis (GONZALEZ-TORRE *et al.*, 2004).

Em virtude de minimizar os impactos causados pelo descarte incorreto dos REEE e se ter um melhor controle, foi definida em 30 de junho de 1999 a Resolução 257 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que trata do recolhimento de material eletrônico no Brasil, sendo a única lei especificamente no âmbito dos resíduos eletroeletrônicos. O artigo 13º da resolução profere que pilhas, baterias e componentes eletrônicos de uso doméstico depois de exauridas, podem ser descartadas no lixo juntamente com resíduos domiciliares, desde que sejam despejados em aterros licenciados e possuam determinada quantidade de mercúrio, cádmio e chumbo adicionados à formulação, como proposto pelo artigo 5º e 6º da resolução. Porém, não exigiram um controle da quantidade de metais como zinco e manganês, que são tóxicos quando estão em altas concentrações. E em 04 de novembro de 2008, o CONAMA criou uma nova Resolução, a 401, que revoga a Resolução 257. Essa nova resolução tinha o objetivo de não deixar mais que pilhas e baterias usadas fossem descartadas junto do lixo doméstico, e sim serem encaminhadas para uma destinação ambientalmente adequada,

pretendendo ampliar ainda mais a proteção do meio ambiente (KEMERICH *et al.*, 2013).

Sobre a importação de resíduos eletroeletrônicos, a resolução CONAMA n° 452, de 2 de julho de 2012 revogou e substituiu a anterior Resolução CONAMA n° 23/1996. Ela dispõe sobre procedimentos de controle de importação de resíduos, em conformidade com as normas da Convenção da Basileia sobre Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito (BRASIL, 2012). Os REEE devido a serem configurados como resíduos perigosos, foram expressamente proibidos de serem importados pelo art. 49 da PNRS, ainda que para tratamento, reforma, reúso, reutilização ou recuperação em outro país (XAVIER *et al.*, 2014).

No Rio Grande do Sul, existe a Lei 13.533 de 2010, a qual institui normas e procedimentos para a reciclagem, o gerenciamento e a destinação final de lixo tecnológico. Essa legislação denomina o REEE como lixo tecnológico, tendo representado um avanço em termos de definições, quando comparado ao trazido pela legislação federal. Ela atribui os resíduos eletroeletrônicos como componentes e periféricos de computadores, monitores e televisores, acumuladores de energia (baterias e pilhas), produtos magnetizados (PANIZZON, 2014; RIO GRANDE DO SUL, 2010).

Ainda no âmbito do Rio Grande do Sul, foi criada a diretriz Técnica n° 03/2016 pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), com o objetivo principal de regulamentar o licenciamento ambiental de atividades envolvendo equipamentos eletroeletrônicos inservíveis no estado:

Esta Diretriz Técnica estabelece as orientações que devem ser seguidas nas etapas que compõem o gerenciamento de equipamentos eletroeletrônicos inservíveis, no âmbito do licenciamento ambiental, com base no Decreto n° 33.765, de 28 de dezembro de 1990, que aprova o Estatuto da Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM e dispõe sobre sua supervisão, no qual o Art. 2º, inciso VI, define como competência desta Fundação no cumprimento de seus objetivos junto ao SISNAMA, propor planos e diretrizes regionais objetivando a manutenção da qualidade ambiental no Estado do Rio Grande do Sul, bem como na Lei Complementar n° 140, de 8 de dezembro de 2011, em especial o Art. 8º que trata das ações administrativas dos Estados (BRASIL, 2016).

#### **4.2 Alternativas de destinação de resíduos eletroeletrônicos**

Os resíduos eletroeletrônicos têm sido uma constante preocupação mundial devido ao aumento do descarte e a destinação inadequada desses materiais.

Atualmente, têm-se buscado alternativas mais seguras para o descarte dos REEE, que visam mitigar os efeitos negativos causados por eles. Dentre essas alternativas, pode-se citar a logística reversa e a reciclagem (MELO *et al.*, 2018).

#### 4.2.1 Logística reversa

A logística reversa pode ser determinada como um ramo da logística responsável pelo retorno dos produtos aos fabricantes para que os componentes dos resíduos sejam encaminhados para uma destinação correta. Ela é uma inovação da PNRS, sendo considerada um grande avanço político e é definida como (BENETTI e QUINTANA, 2016):

instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

No intuito de viabilizar a logística reversa, quando os produtos estiverem no fim de sua vida útil eles devem ser encaminhados pelos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes para a destinação final ambientalmente adequada, estabelecida pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e, se houver, pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos. No âmbito desse processo, os consumidores possuem o papel de efetuar a devolução dos seus produtos e embalagens aos comerciantes ou distribuidores após o uso (ABDI, 2013).

A cadeia produtiva que envolve a logística reversa pode ser separada em três níveis: catadores, cooperativas de catadores e indústrias recicladoras. No primeiro nível estão os catadores, que são as pessoas que catam, escolhem e vendem os materiais recicláveis. No segundo nível se encontram as cooperativas de catadores que realizam a compra e venda desses materiais e no terceiro nível estão as indústrias recicladoras, que realizam a transformação dos materiais recicláveis em suas atividades. E diferente dos países europeus e norte-americanos, onde a legislação ambiental e os processos de destinação já são fortemente estabelecidos, no Brasil há a presença dos catadores que contribuem significativamente para a gestão da cadeia reversa, porém, são impactados pelos riscos à saúde que estes resíduos representam (AQUINO *et al.* 2009; XAVIER *et*

al., 2012).

Figura 2 - Logo representando os processos da logística reversa.



Fonte: Página do site Carraro Logística.

No Brasil, o maior desafio da implementação da logística reversa é o custo associado à operacionalização do sistema, como por exemplo o transporte, estoque e prioritariamente a coleta, por ser um país com uma grande extensão continental e possuir uma logística complexa. A implantação de um eficiente sistema de coleta é essencial para o estabelecimento de um processo de reciclagem, porém, para isso é necessário a cooperação entre diversos agentes, entre eles população, indústrias, distribuidores e governo (ABDI, 2013; LAVEZ, 2011).

Ainda no contexto brasileiro, não há uma completa reciclagem de todos os resíduos eletroeletrônicos. A técnica mais utilizada por se ter um baixo custo é a reciclagem mecânica, que consiste em transformar em grânulos o plástico proveniente de teclados, mouses, monitores e CPUs, por exemplo, para serem reutilizados posteriormente na produção de outros produtos. Outro exemplo é a exportação de placas de circuito impresso trituradas para outros países como Bélgica e Canadá, pois o refino dos metais não é feito no país por ser demasiadamente custoso, necessitando de um grande investimento e quantidade de sucata para ser economicamente viável (ABDI, 2013; GERBASE E OLIVEIRA, 2012).

Dentre os principais benefícios que o sistema de logística reversa apresenta, está a diminuição da quantidade de resíduos encaminhados para aterros, estímulo do uso eficiente dos recursos naturais, desenvolvimento de processos de reutilização, reciclagem e recuperação de produtos e materiais; propiciação de

ações de responsabilidade socioambiental e melhorias nas condições ambientais através de uma gestão mais eficiente de resíduos (ABRELPE, 2010).

#### **4.2.2 Reciclagem**

A reciclagem pode ser considerada como uma fase composta por séries de processos que vão desde a coleta especial até a pré-produção dos materiais reciclados. Ela é uma forma de reaproveitamento de matérias primas como papel, plásticos, alumínio, aço, pneus, etc, em que é produzida uma nova quantidade de materiais a partir de sobras e materiais usados, através da captação deles no mercado, sendo a seguir reprocessados, para serem novamente comercializados (BERLUCCI, 2011; MOURA, 2000).

No processo da reciclagem, a presença de substâncias tóxicas dificulta a recuperação dos materiais que possuem valor econômico, como os metais raros e os preciosos, por exemplo, que estão presentes em pequenas quantidades. Juntamente com a dificuldade de desmontagem, a recuperação de materiais é inviável muitas vezes, além dos riscos de contaminação ambiental das pessoas que os manejam. Assim, a reciclagem parece ser o meio mais viável, pois a maioria desses materiais possui vida-longa na natureza até que se degrade por completo (NORDIC COUNCIL MINISTER, 1995a; VALENTE e SILVA, 2018).

A reciclagem de REEE é formada por etapas, sendo elas a desmontagem, aperfeiçoamento e purificação dos materiais recuperados, utilizando produtos químicos. Ela tem início na separação dos diversos componentes, podendo ser através de processos mecânicos ou eletroquímicos, e após ocorre o beneficiamento dos materiais. Uma das vantagens da reciclagem é que em alguns casos, não há nenhuma diferença entre o produto gerado a partir da reciclagem e aquele obtido a partir de matéria-prima nova, havendo grandes economias em energia e matéria-prima na maioria das vezes. Esse processo também prolonga a vida de bens ambientais esgotáveis e proporciona significativa redução de volumes de resíduos urbanos em até 40%, fazendo com que haja o prolongamento da vida útil de aterros e a geração de empregos como catadores. (MOURA, 2000; GERBASE e OLIVEIRA, 2012).

O apoio através de subsídios, incentivos e doações se torna necessário para que o processo de reciclagem continue sendo sustentável ou auto sustentável. É

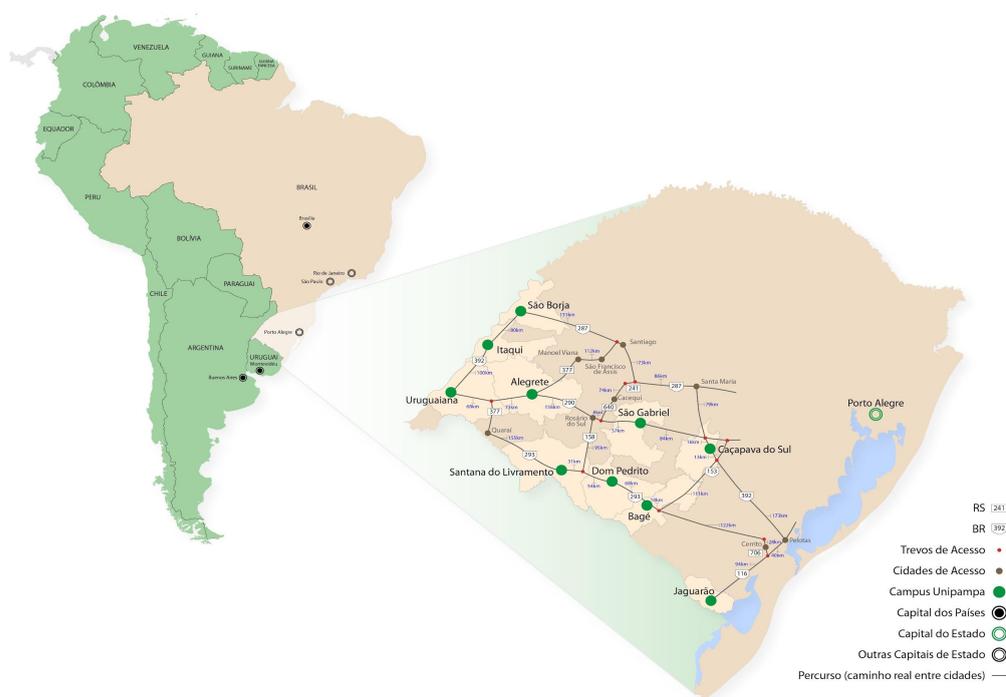
essencial que exista um mercado para os produtos reciclados e que a matéria bruta resultante possua um valor vantajoso em termos econômicos, onde será mais aceitável se nos processos industriais não exigir a manipulação de materiais tóxicos e que não exista um consumo exagerado de água e energia. Assim, a reciclagem é uma boa prática porque ela evita a incineração de grande quantidade de resíduos, a sua disposição em aterros ou em locais inadequados (SILVA, 2013).

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Área de estudo e coleta de dados

A área de estudo abrange toda a Universidade Federal do Pampa, que é multicampi e está localizada em dez cidades da metade sul do estado do Rio Grande do Sul, sendo elas Alegrete, Bagé, Caçapava do Sul, Dom Pedrito, Itaqui, Jaguarão, Santana do Livramento, São Borja, São Gabriel e Uruguaiiana. A instituição possui uma comunidade acadêmica universitária formada por 10.098 estudantes, 935 docentes, 901 técnicos administrativos e 318 funcionários terceirizados.

Figura 3 - Mapa com a localização dos dez *campi* da UNIPAMPA.



Fonte: Site da Universidade Federal do Pampa (2022).

A coleta de dados foi realizada entre os meses de julho a dezembro de 2022,

e o instrumento de coleta utilizado consistiu em planilhas *online* desenvolvidas na plataforma *Microsoft Excel*. O período amostral dos dados corresponde aos anos de 2015 a 2022, os quais foram obtidos por meio do sistema GURI, e também por planilhas de “bens baixados” de todos os dez *campi* e da Reitoria da UNIPAMPA, concedidos por servidores da instituição.

As informações relacionadas aos procedimentos de descarte dos bens patrimoniais, armazenamento e destinação final foram obtidas junto ao Setor de Patrimônio da Pró-Reitoria de Administração da UNIPAMPA. Optou-se por analisar separadamente a Reitoria, localizada na cidade de Bagé/RS, devido às suas atividades que geram quantidades significativas de resíduos, além de possuir relatórios e dados distintos dos demais *campi*.

## **5.2 Aspectos éticos**

Por se tratar de um estudo retrospectivo quantitativo e qualitativo, e a coleta de dados se dar exclusivamente por informações públicas da UNIPAMPA, foi requerido somente autorização para o acesso às planilhas dos bens patrimoniais utilizados no estudo.

## **5.3 Critérios de inclusão e exclusão**

Após a realização da coleta de todos os dados disponíveis, foi realizada a classificação de acordo com critérios de inclusão e exclusão. Para a realização do estudo, foram considerados apenas os bens patrimoniais que não possuem mais utilidade, e são considerados como resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Dado a falta de dados referentes às dimensões e pesos dos resíduos, foi considerada apenas a quantidade por unidade para a caracterização quantitativa.

## **5.4 Análise de dados**

Para a análise quantitativa, foram elaboradas tabelas para classificação dos dados, considerando as seguintes informações: unidade do campus, bem patrimonial, ano de baixa, forma de ingresso, quantidade por unidade e categoria para classificação. Em seguida, os dados foram computados e tabulados para

análise. Já para a caracterização qualitativa, adotou-se a classificação proposta pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), pela abrangência que ela proporciona à variedade de REEE encontrados, sendo considerada a melhor opção para classificar os diversos tipos de resíduos. Posteriormente, foram analisados os tipos de equipamentos descartados em maior quantidade.

Na instituição, os bens patrimoniais são adquiridos por meio de compra, comodato, doação e, em alguns casos, importação. No entanto, quando informações específicas, como nota fiscal ou fornecedor, não estão disponíveis, esses bens são registrados no sistema como levantamento patrimonial.

O processo de desfazimento dos bens patrimoniais na Universidade Federal do Pampa começa com a classificação dos itens, onde cada campus determina quais devem ser baixados e encaminhados para o descarte. Para decidir se um item pode ser descartado, são realizados laudos e pareceres por servidores designados para essa função, que determinam se o item é inutilizável para a instituição. Dessa forma, os REEE que estão nesse processo são recolhidos e armazenados em seus respectivos *campi* até que o procedimento seja concluído. Esses itens são armazenados em salas ou espaços fechados, de modo a não interferir nas demais atividades do campus.

Os bens permanentes podem ser descartados de três formas, sendo por meio de doação para outras instituições, recolhimento dos bens de Tecnologia da Informação, conforme Lei Federal nº 14.479, de dezembro de 2022, ou por leilão. Esse último é o processo de desfazimento mais comumente utilizado na instituição, onde os bens patrimoniais são agrupados em lotes conforme os tipos de materiais, na qual cada campus informa os bens que serão disponibilizados para venda, e o leiloeiro oficial contratado pela universidade, publica as informações nos sites e em jornais de ampla divulgação, e realiza o leilão no dia e hora previamente agendados.

O leilão ocorre quando há lotes suficientes acumulados de bens a serem descartados, e engloba todos os dez *campi*. Após a conclusão de um leilão, o leiloeiro oficial emite uma ata com as informações dos compradores, sendo o público alvo empresas de sucata, oficinas mecânicas e público geral. Os lotes vendidos são retirados pelos próprios compradores, enquanto aqueles que não são vendidos permanecem armazenados no mesmo local até o próximo leilão.

## 5.5 Análise estatística

A análise estatística foi elaborada por meio plataforma *Microsoft Excel*, e compreendeu a aplicação dos seguintes conceitos estatísticos: média, mediana, máximo, mínimo, desvio padrão e variância. Essas medidas foram utilizadas para examinar e compreender os resultados das análises quantitativas e qualitativas relacionadas à quantidade de REEE gerados, ao número de discentes, docentes e técnico-administrativos em cada campus, à quantidade de REEE descartados anualmente e aos principais tipos de equipamentos encontrados.

A média foi calculada para determinar o valor médio dos dados coletados, fornecendo uma medida central que representa a tendência geral da quantidade de REEE descartados em cada campus. A mediana foi utilizada para encontrar o valor central da distribuição, dividindo os dados em duas partes iguais e indicando o ponto de corte entre os valores menores e maiores.

O máximo e o mínimo representaram, respectivamente, os valores mais altos e mais baixos observados, permitindo identificar os extremos dos descartes de REEE em cada campus. O desvio padrão avaliou a dispersão dos dados em relação à média, indicando a variabilidade dos descartes e fornecendo informações sobre a consistência ou variação nos volumes de REEE descartados. A variância quantificou a dispersão dos dados em relação à média ao quadrado, fornecendo uma medida adicional da variabilidade dos descartes.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

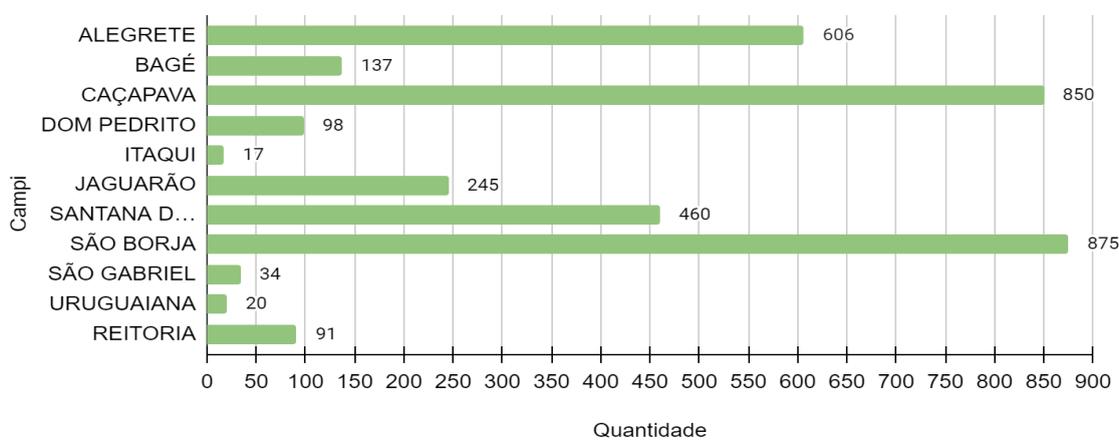
### 6.1 Análise quantitativa dos REEE descartados na UNIPAMPA

A análise quantitativa realizada consistiu em examinar a quantidade de REEE descartados anualmente em cada *campi* e na Reitoria da UNIPAMPA. Além disso, foi estabelecida uma correlação entre o número de discentes, docentes e técnico-administrativos envolvidos em atividades presenciais e a quantidade de resíduos gerados. Esses resultados foram apresentados em gráficos e tabelas, fornecendo uma visualização clara das relações entre as variáveis em questão.

### 6.1.1 Análise da quantidade de REEE descartados e a sua relação com a quantidade de discentes, docentes e técnico-administrativos

Os dados sobre a quantidade de REEE descartados nos dez *campi* e Reitoria entre os anos de 2015 a 2022 foram disponibilizados na figura 4. No total, houve o descarte de 3.433 unidades em um período de 8 anos.

Figura 4 - Quantidade por unidade de REEE descartados em cada campus.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O campus que apresentou o maior número de resíduos descartados foi São Borja, com 875 unidades, enquanto o campus que gerou a menor quantidade de resíduos foi Itaqui, com 17 unidades. Entre os *campi*, apenas quatro deles registraram quantidades superiores a 300 unidades de REEE descartados: Alegrete, Caçapava do Sul, Santana do Livramento e São Borja, com 606, 850, 460 e 875 unidades, respectivamente. Os outros sete *campi* apresentaram números inferiores: Bagé, Dom Pedrito, Itaqui, Jaguarão, São Gabriel, Uruguaiana e a Reitoria, com 137, 98, 17, 245, 34, 20 e 91 unidades, respectivamente.

Na tabela 3 encontra-se o número de discentes, docentes e técnico-administrativos, que possuem atividades de modo presencial em cada campus, juntamente com as porcentagens dos dados da figura 4, no intuito de verificar se eles possuem alguma relação com a quantidade de itens descartados. Não foram contabilizados dados específicos para a Reitoria, uma vez que esses dados já estão inclusos no campus de Bagé, onde é a sua sede.

Tabela 3 - Quantidade de discentes, docentes e técnico-administrativos em cada campus, e suas respectivas porcentagens, e a porcentagem de REEE descartados por campus.

CAMPUS	QUANTIDADE DE REEE POR CAMPUS (%)	NÚMERO DE DISCENTES, DOCENTES E TÉCNICO-ADMINISTRATIVOS	PORCENTAGEM DE INDIVÍDUOS (%)
Alegrete	17,7%	1.242	10,7%
Bagé	4%	1.465	12,7%
Caçapava do Sul	24,8%	472	4,1%
Dom Pedrito	2,9%	848	7,3%
Itaqui	0,5%	879	7,6%
Jaguarão	7,1%	1.039	9%
Santana do Livramento	13,4%	1.310	11,3%
São Borja	25,5%	1.315	11,4%
São Gabriel	1%	589	5,1%
Uruguaiana	0,6%	2.413	20,9%
Reitoria	2,6%	-	-

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Observa-se que o campus de São Borja possui a maior porcentagem de REEE descartados, correspondendo a 25,5% do total, seguido pelo campus de Caçapava do Sul, com 24,8%. Por outro lado, os *campi* de Itaqui e Uruguaiana apresentam as menores porcentagens, com 0,5% e 0,6%, respectivamente.

O campus de Uruguaiana se destaca por ter o maior número de pessoas, com um total de 2.413 indivíduos, representando 20,9% do total. No entanto, foram descartadas apenas 20 unidades de REEE, correspondendo a 0,6% do total. Por outro lado, o campus de Caçapava do Sul, que possui o menor número de pessoas, registrou uma das maiores porcentagens de descarte com 24,8%, descartando 850 unidades de REEE no mesmo período amostral. Esses resultados indicam uma ruptura no padrão esperado, em que um campus com menor número de indivíduos

deveria gerar e descartar menos resíduos do que um com maior número de pessoas. Desse modo, não foi possível determinar se houve uma relação direta entre a quantidade de REEE descartados e a quantidade de discentes, docentes e técnico-administrativos em quatro *campi*, sendo eles Bagé, Caçapava do Sul, Jaguarão e Uruguaiana.

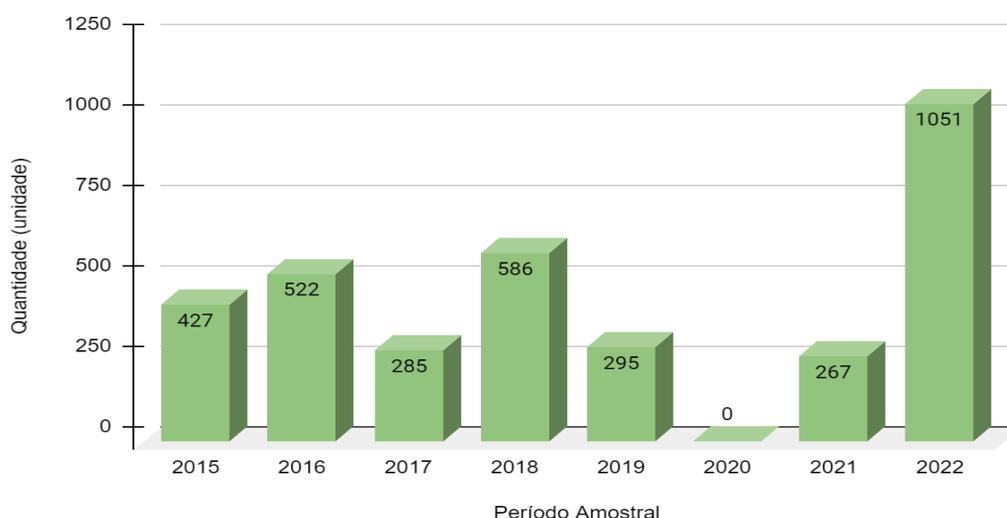
Além disso, foi observado que Bagé e Jaguarão, sendo dois dos seis *campi* com mais de 1.000 pessoas, descartaram menos de 250 unidades de REEE, correspondendo a 4% e 7,1% respectivamente. Por outro lado, Alegrete, Santana do Livramento e São Borja apresentaram tanto os maiores números de resíduos quanto o de pessoas, representando 17,7%, 13,4% e 25,5% da quantidade total de resíduos descartados, respectivamente, e 10,7%, 11,3% e 11,4% do total de pessoas.

Os demais *campi*, como Dom Pedrito, Itaqui e São Gabriel, descartaram quantidades reduzidas de REEE, inferiores a 100 unidades, correspondendo a 2,9%, 0,5% e 1%, respectivamente. Esses *campi* também possuem os menores números de discentes, docentes e técnico-administrativos.

### 6.1.2 Análise da quantidade de REEE descartados por ano

Os dados referentes à quantidade total de REEE descartados durante o período 2015 a 2022 encontram-se na figura 5.

Figura 5 - Quantidade de REEE descartados por ano.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Durante o período analisado, foi identificado uma média de 429 itens descartados anualmente. Os anos de 2015 a 2019 exibiram um padrão variável na quantidade de itens descartados, com oscilações entre valores mais altos e mais baixos. No entanto, houve uma interrupção nesse padrão no ano de 2020 devido à pandemia da COVID-19, resultando em nenhum item descartado devido à paralisação das atividades nos *campi*. No ano seguinte, em 2021, foram descartadas 267 unidades, apresentando um valor próximo aos anos de 2017 e 2019. No entanto, o ano de 2022 registrou a maior quantidade de REEE descartados, totalizando 1.050 unidades, representando um crescimento de aproximadamente 293% em relação ao ano anterior, sendo o maior valor observado ao longo dos 8 anos analisados.

A elevada quantidade de itens descartados em 2022 pode estar relacionada ao acúmulo de REEE que não foram descartados durante o ano de 2020, sendo classificados e enviados para descarte somente dois anos depois. Além disso, outra possível explicação para esse aumento é o retorno às atividades presenciais em 2022, resultando em um maior consumo e utilização desses equipamentos em atividades diárias nos *campi* e Reitoria. Conseqüentemente, alguns equipamentos podem ter apresentado falhas ou se tornado obsoletos, necessitando de descarte.

### **6.1.3 Análise estatística descritiva**

Por meio da análise estatística é possível examinar os padrões e tendências relacionados à quantidade de REEE descartados em cada campus da UNIPAMPA. Além disso, permite comparar os diferentes *campi*, identificando aqueles que apresentam maiores volumes de descarte. A tabela 4 é composta pela análise da média, mediana, máxima, mínima, desvio padrão e variância, da quantidade de REEE descartados por ano e por campus, com sua respectiva porcentagem, e também do número de discentes, docentes e técnico-administrativos por campus e sua respectiva porcentagem.

Tabela 4 - Análise estatística sobre a quantidade de REEE descartados por campus e anualmente, e da quantidade de pessoas em cada *campi*.

	<b>MÉDIA</b>	<b>MEDIANA</b>	<b>MÁX.</b>	<b>MÍN.</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>	<b>VARIÂNCIA</b>
<b>REEE descartados por ano</b>	429,12	361	1051	0	309,18	95594,7
<b>REEE descartados por campus</b>	312,09	137	875	17	330,77	109407,69
<b>% de REEE descartados por campus</b>	9,10%	4,00%	25,50%	0,50%	0,096	0,009
<b>Quantidade de pessoas por campus</b>	1.157	1.141	2.413	472	548,39	300726,18
<b>% de pessoas por campus</b>	10,01%	9,85%	20,90%	4,10%	0,048	0,002

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A média dos REEE descartados por ano foi de 429,12, o que representa a quantidade média de resíduos gerados anualmente em todos os *campi*. Da quantidade de REEE descartados por campus, houve uma média de 312,09 itens e da quantidade de indivíduos, uma média de 1.157 pessoas por campus. Essa medida central indica um valor de referência em relação ao qual os demais dados foram comparados.

A mediana dos REEE descartados por ano foi de 361, enquanto a mediana dos REEE descartados por campus foi de 137, e a do número de indivíduos foi de 1.141. Isso indica que metade dos valores foram iguais ou inferiores a esse valor, enquanto a outra metade apresentou uma quantidade igual ou superior a esses valores, tanto nos resíduos descartados por campus e anualmente, como na quantidade de pessoas.

O valor máximo encontrado na quantidade de REEE descartados por ano foi de 1051, indicando que um dos *campi* registrou a maior quantidade de REEE descartados em um ano, enquanto o valor mínimo foi de 0, o que significa que houve um campus que não registrou nenhum descarte de REEE nesse período. Na

quantidade de REEE por campus, o valor máximo registrado foi de 875, que corresponde à maior quantidade de REEE descartados em um único campus, e o valor mínimo observado foi de 17, representando o menor valor registrado entre os *campi* analisados. E o valor máximo do número de pessoas presentes em um único campus foi de 2.413, por outro lado, o valor mínimo observado foi de 472, representando o menor número de indivíduos registrado entre os *campi* analisados.

O desvio padrão da quantidade de REEE descartados por ano foi de 309,18, já o do número de equipamentos descartados por campus foi de 330,77, e o do número de pessoas foi 548,39. Quanto maior o desvio padrão, maior a variabilidade dos valores em relação à média, portanto, indica uma maior heterogeneidade na quantidade de resíduos gerados pelos *campi* e também na distribuição da população por campus.

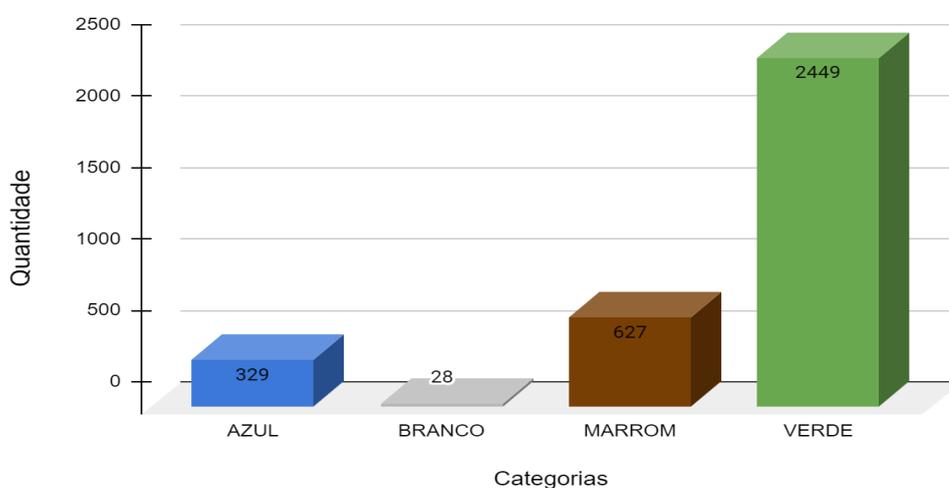
A variância dos REEE descartados em cada campus e anualmente foi de 109407,69 e 95594,7 respectivamente. Já a variância do número de pessoas foi de 300726,18. Essa análise proporciona uma medida quantitativa da dispersão dos dados em relação à média, onde uma variância alta indica uma maior variabilidade nos valores, enquanto uma variância baixa indica uma menor dispersão.

## **6.2 Análise qualitativa dos REEE descartados na UNIPAMPA**

### **6.2.1 Classificação dos REEE em categorias**

Os REEE foram classificados de acordo com as quatro categorias estabelecidos pela ABDI, sendo elas a linha azul, a linha branca, a linha marrom e a linha verde. Cada linha possui critérios específicos para classificar os equipamentos, com base na vida útil, massa (kg) e composição dos mesmos. No entanto, nos relatórios disponíveis apenas o nome do bem patrimonial que foi dado baixa estava presente, sendo necessário realizar pesquisas para obter as informações necessárias para uma classificação correta. A quantidade de REEE em cada categoria pode ser observada na figura 6.

Figura 6 - Quantidade por unidade de REEE descartados no período de 2015 a 2022, classificados por categoria.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Dentre as categorias analisadas, a linha verde foi a que apresentou a maior quantidade de itens descartados, totalizando 2.449 unidades e correspondendo a aproximadamente 71,3%. Em seguida, a categoria linha marrom obteve 627 unidades descartadas, representando cerca de 18,2% do total. A categoria linha azul registrou 329 unidades, correspondendo a aproximadamente 9,5% do total. Por fim, a categoria linha branca teve a menor quantidade de itens descartados, com apenas 28 unidades, correspondendo a aproximadamente 0,8% do total.

Na tabela 5 encontram-se os tipos de equipamentos mais frequentes em cada categoria, juntamente com a quantidade em unidades e a porcentagem correspondente.

Tabela 5 - Análise qualitativa dos equipamentos que estão em maior quantidade por categoria.

CATEGORIAS	TIPO DE EQUIPAMENTO	QUANTIDADE EM UNIDADE	%
Linha Azul	VENTILADOR DE TETO, 220 V, COM 3 PÁS EM PLÁSTICO RESISTENTE INJETADO	52	15,7%
Linha Branca	AR CONDICIONADO DE JANELA 30.000 BTUS	7	7,2%
Linha Marrom	MONITOR CRT 17" MARCA ITAUTEC	109	8,9%

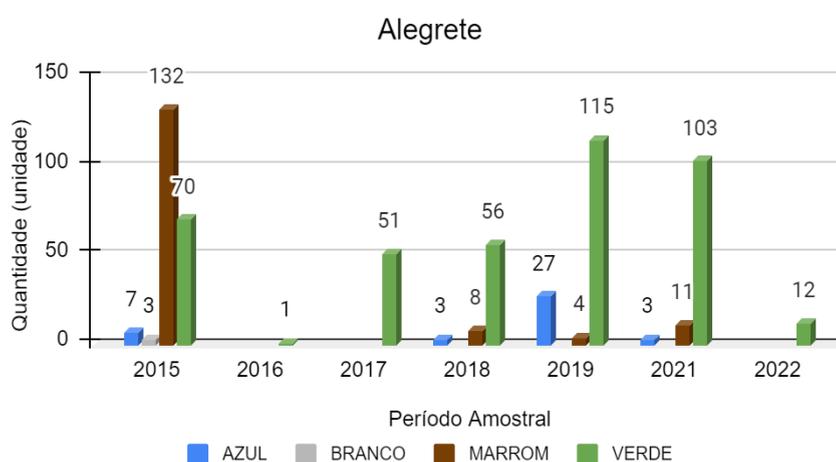
CATEGORIAS	TIPO DE EQUIPAMENTO	QUANTIDADE EM UNIDADE	%
Linha Verde	GEOFONE	101	5,6%

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ao analisar os itens apresentados na tabela 5, foi constatado que o equipamento "MONITOR CRT 17" MARCA ITAUTEC", classificado na categoria linha marrom, possui a maior quantidade de unidades em relação aos demais. Esse item representa 8,9% da sua categoria, que registrou um total de 627 unidades descartadas. Por outro lado, o item "VENTILADOR DE TETO, 220 V, COM 3 PÁS EM PLÁSTICO RESISTENTE INJETADO", da linha azul, apresentou a maior porcentagem na tabela, correspondendo a 15,7% da sua categoria, que teve um total de 329 itens descartados. Em relação à linha verde, o equipamento "GEOFONE" se destacou como o de maior quantidade em sua categoria, representando 5,6%. Já o item "AR CONDICIONADO DE JANELA 30.000 BTUS", da linha branca, corresponde a 7,2% da sua categoria.

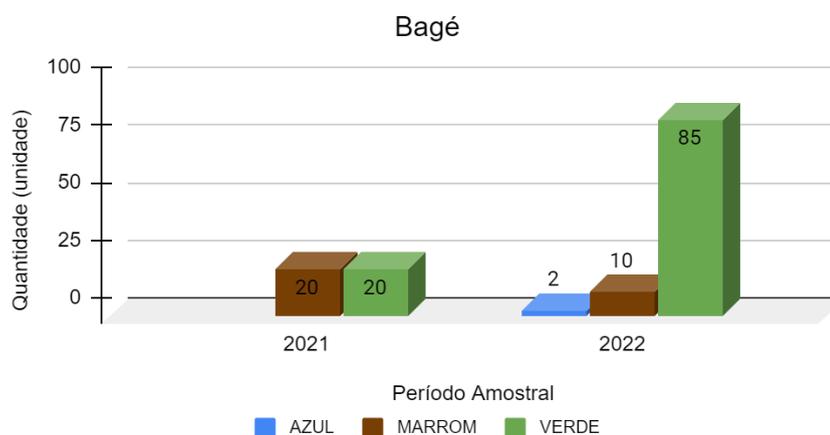
No intuito de proporcionar uma análise mais aprofundada dos dados quantitativos referentes aos REEE descartados em cada campus, optou-se por realizar uma abordagem separada por campus e por categoria. As figuras 7 a 17 apresentam as informações sobre a quantidade de bens patrimoniais descartados em cada campus, ordenados por ano e por categoria. Essa segmentação permitirá uma compreensão mais detalhada das tendências e padrões de descarte observados em cada contexto específico.

Figura 7 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Alegrete.



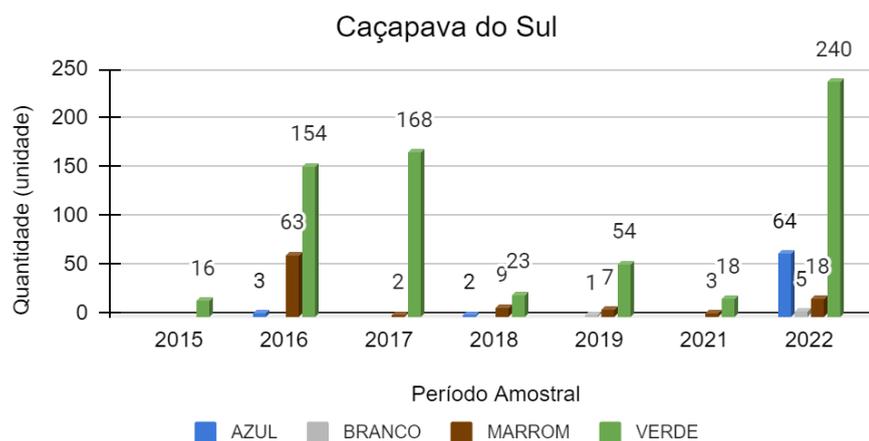
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 8 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Bagé.



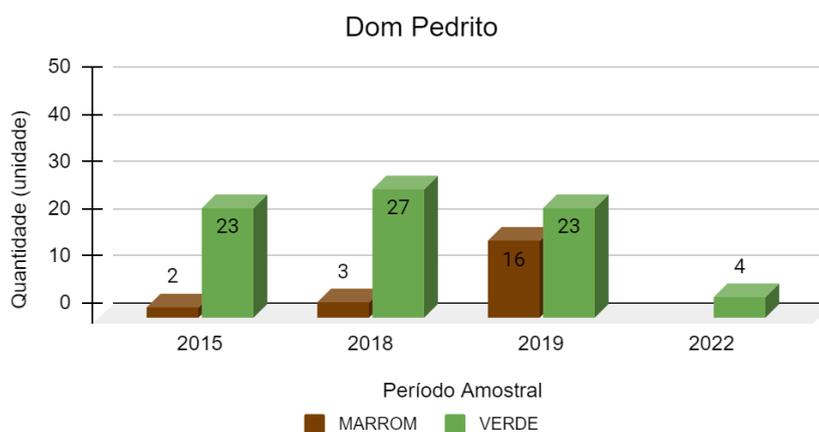
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 9 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Caçapava do Sul.



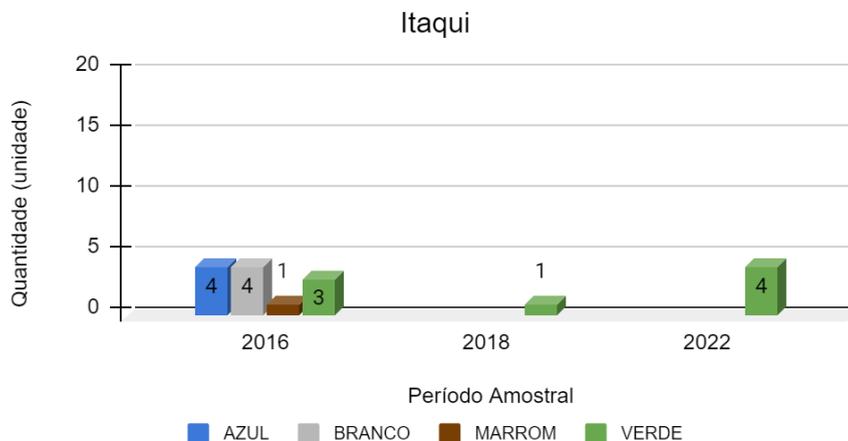
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 10 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Dom Pedrito.



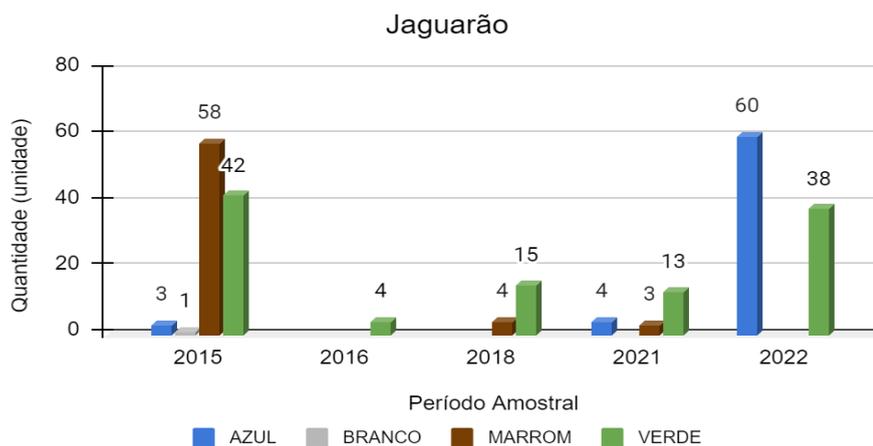
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 11 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Itaqui.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 12 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Jaguarão.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 13 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Santana do Livramento.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 14 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de São Borja.



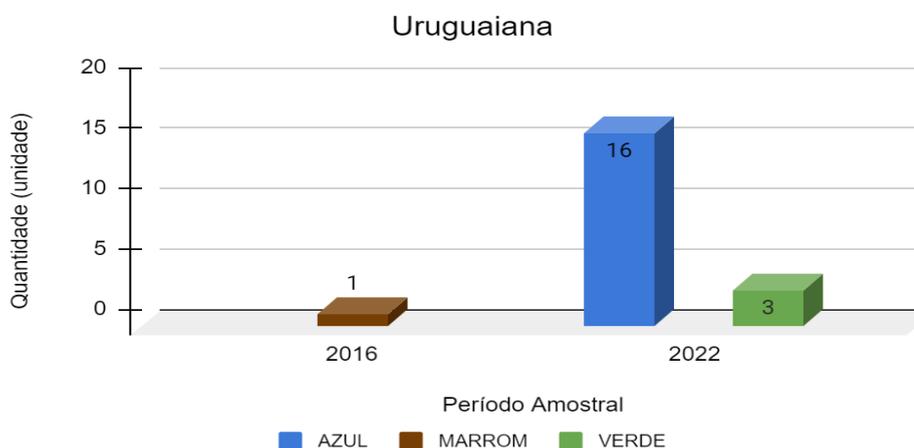
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 15 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de São Gabriel.



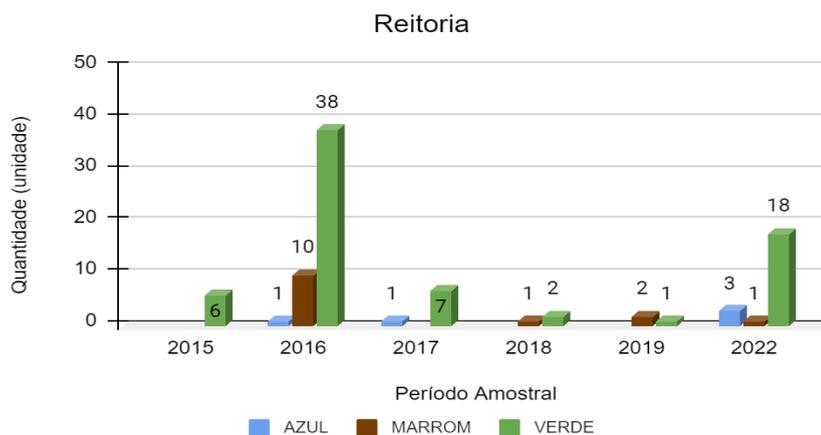
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 16 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, no campus de Uruguaiana.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 17 - Quantidade de REEE descartados por ano e por categoria, na Reitoria.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A Reitoria assim como todos os *campi* possuem REEE classificados nas categorias marrom e verde, a categoria branca é encontrada apenas em seis *campi*, e somente o campus de Dom Pedrito não apresentou a categoria azul durante o período amostral. Outro aspecto importante dos gráficos é que alguns *campi* não possuem REEE descartados todos os anos, como no caso de Bagé e Uruguaiiana, que possuem equipamentos baixados em apenas dois anos, e de Itaqui e São Gabriel, em três anos. Devido a maior quantidade de pessoas que circulam nesses *campi*, era esperado que houvesse também um maior número de itens descartados por ano, como no caso campus de Uruguaiiana, que possui o maior número de pessoas e teve um período de 6 anos sem nenhuma baixa.

A linha verde apresenta a maior quantidade de itens descartados em todos os *campi*, mesmo em anos diferentes. Isso se deve ao fato desses equipamentos possuírem uma vida útil curta, geralmente de 2 a 5 anos, que contribui para o descarte mais rápido que as demais categorias. Além disso, essa linha abrange uma ampla variedade de equipamentos de pequeno porte, com massas que variam de 0,09 kg a 30 kg. A maioria dos itens descartados nessa categoria pertence à área de informática, como computadores, notebooks, nobreaks, impressoras e estabilizadores, que são amplamente utilizados em todas as atividades diárias nos *campi*.

Já a categoria branca apresenta uma baixa quantidade de itens descartados, o que pode ser atribuído à sua longa vida útil, que varia de 10 a 15 anos. Esses equipamentos levam mais tempo para se tornarem obsoletos e, conseqüentemente,

geram um menor número de descartes. Além disso, os equipamentos dessa linha encontrados nos *campi* da UNIPAMPA foram principalmente eletrodomésticos, como geladeiras, ar condicionados e refrigeradores, que não são amplamente utilizados como os itens da categoria verde. O critério de peso na classificação da linha branca também influenciou a baixa quantidade de itens, pois abrangia equipamentos mais pesados, de 30 kg a 70 kg. Alguns itens que não atendiam ao critério de peso, mesmo sendo compostos principalmente por metais, foram classificados em categorias que melhor se adequaram às suas características.

Os equipamentos da categoria azul são compostos principalmente de plástico, possuindo uma vida útil longa de 10 a 12 anos, e são considerados de pequeno porte com massas que variam de 0,5 kg a 5 kg. Desse modo, assim como na categoria branca, a vida útil prolongada contribui para um menor número de itens descartados. Alguns dos equipamentos encontrados nesta categoria incluem furadeiras, ventiladores, secadores de mão, aspiradores de pó e cafeteiras.

Por fim, os equipamentos da categoria marrom possuem uma vida útil média, de 5 a 13 anos, e são compostos principalmente de plástico e vidro. São considerados de médio porte, com massas variando de 1 kg a 35 kg. Essa categoria apresentou um maior número de itens em comparação às categorias azul e branca, devido à maior variedade de materiais abrangidos no critério de massa e ao porte médio dos equipamentos. Alguns equipamentos se enquadram tanto na categoria marrom quanto na azul, mas excederam o limite de massa de 5 kg da categoria azul. Além disso, a vida útil desses itens era mais elevada, o que os classificava melhor na categoria marrom. Alguns exemplos de equipamentos encontrados em maior quantidade nessa categoria incluem monitores, bebedouros, televisores, caixas de som e projetores.

### **6.2.2 Análise da tipologia de REEE**

Observa-se na tabela 6 os principais itens descartados pela Reitoria e pelos dez *campi* da UNIPAMPA durante o período amostral estudado.

Tabela 6 - Análise qualitativa dos equipamentos que estão em maior quantidade em cada *campi*, com a quantidade em unidade e sua respectiva porcentagem.

<b>CAMPUS</b>	<b>TIPO DE EQUIPAMENTO</b>	<b>QUANTIDADE EM UNIDADE</b>	<b>%</b>
Alegrete	MONITOR CRT 17" MARCA ITAUTEC	109	18%
Bagé	ESTABILIZADOR 1000VA BMI-MICROLINE	15	10,9%
Caçapava do Sul	GEOFONE	101	11,8%
Dom Pedrito	ESTABILIZADOR 1KVA MARCA BMI MODELO ML1000B1	21	21,4%
Itaqui	TELEFONE VOIP GXP1200 GRANDSTREAM	3	17,6%
Jaguarão	MICROCOMPUTADOR COM DOIS NÚCLEOS	40	16,3%
Santana do Livramento	CALCULADORA FINANCEIRA HP	57	12,3%
São Borja	ESTABILIZADOR DE TENSÃO 1000VA BMI-MICROLINE 1000B1	79	9%
São Gabriel	ESTABILIZADOR 1KVA MARCA BMI MODELO ML1000B1	8	23,5%
Uruguaiana	VENTILADOR DE TETO, 220 V, COM 3 PÁS EM PLÁSTICO	16	80%
Reitoria	TELEFONE VOIP GXP1200 GRANDSTREAM	13	14,2%

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Dentre os equipamentos que apresentaram maior quantidade em cada campus estão monitores, estabilizadores, geofones, telefones de escritórios, microcomputadores, calculadoras financeiras e ventiladores. Esses equipamentos são predominantemente da área de informática e/ou são comumente utilizados em escritórios. Dos onze itens apresentados na tabela 6, oito equipamentos estão na categoria linha verde, dois na categoria linha marrom, um na categoria linha azul e nenhum equipamento foi classificado na categoria linha branca.

Ao analisar esses equipamentos, observou-se que o item "MONITOR CRT

17" MARCA ITAUTEC", do campus Alegrete, teve a maior quantidade em relação aos demais da tabela, com 109 unidades, correspondendo a 18% do total de equipamentos descartados no campus. Em seguida, o item "GEOFONE", de Caçapava do Sul, obteve 101 unidades, correspondendo a 11,8% do total do seu campus.

No campus de Itaqui, o equipamento "TELEFONE VOIP GXP1200 GRANDSTREAM" teve a maior quantidade entre os equipamentos da tabela, embora seja o menor número em comparação aos demais. Esse equipamento corresponde a 17,6% da quantidade total de equipamentos descartados no campus de Itaqui. O mesmo ocorre com o item "ESTABILIZADOR 1KVA MARCA BMI MODELO ML1000B1", que possui apenas 8 unidades na tabela, mas representa 23,5% dos equipamentos do campus de São Gabriel. É importante ressaltar que alguns itens, como estabilizadores e telefones, se repetem na tabela, e foram classificados na categoria linha verde.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nas informações obtidas, verificou-se que o descarte dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos ocorreram por meio de três formas, sendo através de leilão, doação ou recolhimento dos bens de Tecnologia da Informação. Além disso, é imprescindível a realização de laudos para determinar com precisão se um equipamento é inutilizável para a instituição. As informações relacionadas ao armazenamento dos equipamentos não foram completamente esclarecidas, uma vez que os servidores internos contatados não ofereceram maiores detalhes sobre os locais específicos onde cada campus armazena seus bens patrimoniais descartados. No entanto, sabe-se que esses itens são armazenados em salas ou espaços fechados, sem prejudicar as atividades de cada respectivo campus.

No período compreendido entre 2015 e 2022, ocorreu o descarte de 3.433 REEE, tendo uma média anual de 429 equipamentos descartados. Quanto à quantidade de REEE descartados anualmente, se previa que o ano de 2020 não apresentaria quantidades significativas devido aos impactos da pandemia, que impediu a continuidade dos processos de descarte dos bens obsoletos. Essa situação teve um impacto direto nos resultados de 2022, que registrou um aumento de 293% na quantidade de resíduos descartados em relação ao ano anterior.

Dentre os *campi* da UNIPAMPA, identificou-se que os de São Borja, Caçapava do Sul e Alegrete foram os que apresentaram maior volume de resíduos descartados. Os resultados da análise para descobrir se havia uma relação entre o número de discentes, docentes e técnico-administrativos e a quantidade de resíduos descartados indicaram que de fato existe uma relação, porém ela não é observada de maneira consistente em todos os *campi*. Surpreendentemente, alguns *campi* com um maior número de indivíduos apresentaram uma quantidade relativamente menor de resíduos descartados, enquanto outros com menor quantidade de pessoas, registraram uma quantidade mais significativa de descartes. Essa discrepância foi observada nos *campi* de Uruguaiana, Bagé e Jaguarão.

A análise estatística realizada proporcionou a identificação de padrões e tendências na quantidade de REEE descartados em cada campus e ano. Esses resultados permitiram uma comparação entre os *campi*, destacando aqueles que apresentam maiores volumes de descarte, e também incluem uma análise do número de indivíduos por campus. Essas informações são fundamentais para que a UNIPAMPA possa desenvolver estratégias eficientes de gerenciamento de resíduos, com foco na sustentabilidade e na conscientização ambiental. Além disso, os resultados obtidos servem como base para futuros estudos relacionados ao tema e contribuem para a tomada de decisões embasadas no que diz respeito ao adequado manejo dos REEE descartados.

A classificação dos REEE de acordo com a ABDI desempenhou um papel fundamental para a compreensão da tipologia dos REEE descartados. Essa classificação permitiu uma padronização dos equipamentos, o que possibilitou uma análise mais detalhada nas quatro categorias. Os resultados obtidos indicaram que a categoria linha verde apresentou a maior quantidade de equipamentos descartados, seguida pela categoria linha marrom e pela categoria linha azul, enquanto a categoria linha branca teve a menor quantidade de itens descartados. Esses resultados são reflexo da vida útil dos equipamentos, onde aqueles com uma vida útil mais curta tendem a ser descartados com maior frequência em comparação aos que possuem uma vida útil mais longa.

Alguns fatores contribuíram para que a linha verde apresentasse uma vida útil mais curta, sendo eles o alto consumo, o uso intensivo e a possível falta de manutenção regular dos equipamentos. Por outro lado, a baixa quantidade de resíduos classificados na categoria linha branca pode ser explicada pela vida útil

longa desses equipamentos, bem como pelo baixo consumo dos dispositivos que compõem essa categoria, sendo principalmente eletrodomésticos. Vale ressaltar que os critérios de classificação também tiveram influência, pois essa categoria é destinada a equipamentos de grande porte.

Foi constatado que todos os *campi* e a Reitoria possuíam REEE classificados nas categorias marrom e verde, com exceção das categorias azul e branca. A categoria azul não possuiu itens apenas no campus de Dom Pedrito, enquanto a categoria branca esteve presente em apenas seis *campi*. Outro resultado significativo é que nem todos os *campi* apresentaram equipamentos descartados em todos os anos do período amostral.

Devido à ampla variedade de tipos de equipamentos, foram analisados apenas aqueles que apresentaram maiores quantidades. Essas informações podem ajudar a identificar também quais áreas e setores da universidade que geram mais resíduos, de acordo com o tipo de equipamento encontrado, e orientar a implementação de medidas de redução, reutilização e reciclagem específicas.

Não foi possível determinar se a UNIPAMPA está adotando práticas de destinação ambientalmente corretas para os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos descartados, devido aos processos de desfazimento adotados. A falta de informações sobre o destino final desses resíduos pode representar uma preocupação tanto para a saúde pública quanto para o meio ambiente, caso sejam descartados de forma inadequada ou em locais impróprios. Portanto, é necessário considerar a implementação de estratégias que garantam uma destinação adequada e sustentável para esses resíduos, visando mitigar potenciais impactos negativos.

A UNIPAMPA pode adotar algumas propostas de ação para reduzir o descarte de REEE. Primeiramente, a implementação de programas de manutenção preventiva para prolongar a vida útil dos equipamentos eletroeletrônicos, por meio de inspeções regulares, limpeza e reparos, pode contribuir significativamente para reduzir a necessidade de descarte prematuro. Além disso, buscar parcerias com empresas especializadas na reciclagem e destinação adequada de REEE é uma boa estratégia. Essas empresas podem fornecer serviços de coleta, desmontagem, recuperação de materiais e descarte seguro dos equipamentos, contribuindo para uma gestão mais responsável desses resíduos. A reutilização e doação de equipamentos entre os *campi* também é uma opção eficiente para evitar o descarte desnecessário, assim como a prática de compartilhar equipamentos em bom estado

com outras instituições, e também realizar estudos de viabilidade antes de adquirir novos equipamentos, avaliando a possibilidade de adquirir equipamentos mais duráveis, de maior qualidade e com menor impacto ambiental, para que seja mais sustentável e contribua para a redução do descarte de REEE a longo prazo. Porém, é essencial enfatizar que para a implementação dessas propostas é necessário engajamento e colaboração de toda a comunidade acadêmica, além do apoio institucional e de recursos para sua efetivação.

## REFERÊNCIAS

- ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos**, Análise de Viabilidade Técnica e Econômica, 2013.
- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. São Paulo, 2010.
- AQUINO, I. F. *et al.* **A organização em rede dos catadores de materiais recicláveis na cadeia produtiva reversa de pós -consumo da região da grande Florianópolis: uma alternativa de agregação de valor**. Revista Gestão & Produção, v. 16, n. 1, 2009.
- ARAUJO, D. R. R. **Análise quali-quantitativa dos resíduos eletroeletrônicos gerados na ilha de Fernando de Noronha**. Recife, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro-RJ, 2004.
- BALDÉ, C. P. *et al.* **The Global E-waste Monitor -2017**. Bonn/Geneva/Vienna: International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), 2017.
- BENETTI, L. B.; QUINTANA, J. D. F. **Gestão de resíduos eletrônicos: Estudo de caso em uma organização militar de São Gabriel/RS**. Ciência e Natura, v. 38, n. 2, p. 889, 31 maio 2016.
- BERLUCCI, L. F. **Gestão de Resíduos Sólidos: Um diagnóstico da situação atual dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, 2011.
- BEZERRA, Adriana S. **Canal de distribuição reverso: fatores de influência sobre as quantidades de baterias e aparelhos celulares reciclados na cidade de Campina Grande-PB**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Estadual da Paraíba, Programa de Pós-Graduação e Pesquisa, 2009.
- BISCAINO, M. J. N. **A problemática do descarte do resíduo eletrônico no setor público gaúcho**. Trabalho de Conclusão do Curso de especialização em Gestão Pública, Universidade Federal do Rio Grande do Sul/RS, 2012.
- BOSLE, J. *et al.* **Interferências do lixo eletrônico no ambiente e na qualidade de vida: problemas e soluções**. Gepes Vida vol. 1 n. 2, 2015.
- BRASIL, Diretriz técnica nº 03/2016. **Diretriz Técnica para o licenciamento**

**ambiental de atividades envolvendo equipamentos eletroeletrônicos inservíveis.** FEPAM, 2016.

BRASIL, Lei nº 12.305, 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasil, 2010.

CARRARO. Carraro logística. Serviços de logística reversa. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/referencia-site-abnt-artigos/>>. Acesso em: 16 de jun. de 2023.

Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. **The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential.** United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam, 2020.

GERBASE, A. E.; OLIVEIRA, C. R. **Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química.** Química Nova, v. 35, n. 7, p. 1486-1492, 2012.

GONZALES-TORRE, P., ADENSO-DIAZ, B.; ALVAREZ, M.J. **Logística inversa y medio ambiente.** Madrid: McGraw-Hill. 2004.

KEMERICH, P. D. C., *et al.* **Impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de lixo eletrônico no solo.** Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, vol. 10, n. 2, 2013.

LAVEZ, N. *et al.* **O papel da logística reversa no reaproveitamento do 'lixo eletrônico' – um estudo no setor de computadores.** Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 5, n. 1, p. 15-32, 2011.

LINHARES, S. N., *et al.* **Os resíduos eletroeletrônicos: uma análise comparativa acerca da percepção ambiental dos consumidores da cidade de Mossoró-RN.** III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Goiânia/GO, 2012.

MARTINS, M. J. C. *et al.* **Análise da gestão de equipamentos eletroeletrônicos em uma instituição de ensino superior.** Fórum internacional de resíduos sólidos. João Pessoa/ PB, 2019.

MELO, D. A., *et al.* **Alternativas inovadoras para os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em Pesqueira - PE e região: ano 2018.** Caravana, diálogos entre extensão e sociedade. Pernambuco, 2018.

MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental.** 2 ed. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2000.

NORDIC COUNCIL OF MINISTERS. **Environmental Consequences of Incineration and Landfilling of Waste from Electrical and Electronic Equipment.** Copenhagen, Temanord, 1995 a.

PACHECO, G. J. *et al.* **Análise do sistema de gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos da Alemanha e suas influências na logística**

**reversa do município do Rio de Janeiro.** *Sistemas & Gestão*, Vol. 13, No. 4, pp. 541-556, 2018.

PANIZZON, T., REICHERT, G. A., SCHNEIDER, V. E. **Avaliação da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) em uma universidade particular.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS, Universidade de Caxias do Sul/RS, 2014.

PEREIRA, M. S. **Resíduos eletroeletrônicos na Universidade Federal do Rio Grande do Sul: um diagnóstico.** Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.

RIO GRANDE DO SUL, Lei nº 13.533 de 28/10/2010: **Normas e procedimentos para a reciclagem, o gerenciamento e a destinação final de lixo tecnológico e dá outras providências.** 2010.

RODRIGUES, A. C. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: Estudo da cadeia pós-consumo no Brasil.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia de produção, Universidade Metodista de Piracicaba, 2007.

SANTOS, D. F. **Análise da coleta de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos nos “ecopontos” de Belo Horizonte, MG.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais/MG, 2018.

SCHONS, P. C. **O gerenciamento dos resíduos eletrônicos: um estudo sobre as empresas de informática em São Miguel do Oeste,SC.** *Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial* - ISSN - 1983-1838, v. 5, n. 1, p. 56–88, 24 out. 2012.

SILVA, B. D. *et al.* **Resíduos eletroeletrônicos no Brasil.** Santo André, 2007.

SILVA, B. G. **Gestão de resíduos eletrônicos da UFSM: Viabilidade e implementação de uma política de reciclagem.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade Federal de Santa Maria/RS, 2013.

FORTI V., BALDÉ C.P.; KUEHR, R. **The global e-waste statistics partnership.** Germany, 2018.

TROMBINI, F. *et al.* **Reaproveitamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos- REEE - uma visão sobre o trabalho dos artesãos e os impactos sobre a saúde e o meio ambiente.** IV Congresso brasileiro de gestão ambiental, Salvador/BA, 2013.

UNIÃO EUROPEIA. **Relatório final de implementação para Diretivas 2002/96 / CE e 2012/19 / UE sobre resíduos elétricos.** Comissão Europeia. Reino Unido: s.n., 2018.

UNEP. **UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME**. Inventory Assessment Manual. 2007.

UNEP. **United Nations Environment Programme and United Nations University. Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies. Recycling - From E-waste to Resources**, 2009.

UNIÃO EUROPEIA, **Diretiva 2012/19/UE do Parlamento Europeu e do Conselho**, Resíduos de Equipamento Elétricos e Eletrônicos (REEE), 04 de julho de 2012.

VALENTE, M. N.; SILVA, D. P. **Os cuidados e alternativas para o descarte e reutilização do lixo eletrônico**. X SIMPROD. São Cristóvão/CE. 2018.

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

WORLD ECONOMIC FORUM, **A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot**. The Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE), 2019.

XAVIER, Lúcia Helena *et al.* **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**. 1 Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

XAVIER, L. H. *et al.* **Aspectos socioambientais e técnicos da gestão de resíduos de equipamentos eletrônicos**. Universidade Federal de São Paulo – USP, Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEE e Centro de Descarte e Reuso de Equipamentos de Informática – CEDIR. São Paulo/SP, 2012.