MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Ambiental
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Nayara Dias dos Santos

DIAGNOSTICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO, CAMPUS MORRO DO CRUZEIRO

Ouro Preto

2025

Nayara Dias dos Santos

Diagnostico da Gestão de Resíduos Eletrônicos na Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro do Cruzeiro

Projeto Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenheira Ambiental na Universidade Federal de Ouro Preto.
Área de concentração: Resíduos Eletrônicos.
Orientador: Prof. Dr. Marina de Medeiros Machado – UFOP.

Área de concentração: Resíduos Eletrônicos

Orientador: Prof. Dra. Marina de Medeiros Machado - UFOP

Ouro Preto

2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S237d Santos, Nayara Dias dos.
Diagnóstico da gestão de resíduos eletrônicos na Universidade Federal de Ouro Preto, campus Morro do Cruzeiro. [manuscrito] / Nayara Dias dos Santos. - 2025.
65 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Marina Machado.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Ambiental .

1. Gestão Sustentável. 2. Resíduo Eletrônico. 3. Sustentabilidade e meio ambiente. I. Machado, Marina. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 502

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nayara Dias dos Santos

Diagnóstico da gestão de resíduos eletrônicos na Universidade Federal de Ouro Preto, campus Morro do Cruzeiro

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenharia Ambiental

Aprovada em 03 de setembro de 2025

Membros da banca

Dra. Marina de Medeiros Machado - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Me. Fernanda Rafaela Canudo Silva - Universidade Federal de Ouro Preto
Me. Daniel Magalhães Bicalho - Universidade Federal de Ouro Preto

Marina de Medeiros Machado, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 15/09/2025

Documento assinado eletronicamente por **Marina de Medeiros Machado**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/09/2025, às 00:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 , informando o código verificador **0978475** e o código CRC **B57A894A**.

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163
Telefone: 3135591496 - www.ufop.br

Dedico este trabalho à minha família, amigos e colegas de profissão. Agradeço a todos os professores que, com dedicação e paciência, me guiaram nesta jornada. Este trabalho é o reflexo do apoio de vocês, e que ele sirva de inspiração para futuras conquistas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha gratidão por me dar sabedoria, a fé e a força necessária para alcançar o sonho de concluir a graduação.

Aos meus pais, Vera e Luiz, e à minha avó, D. Derci, expresso minha eterna gratidão por todo o amor, incentivo e suporte. Por nunca desistirem de mim e por me ajudarem a transformar este sonho em realidade. Estendo este agradecimento a toda a minha família, que sempre me acolheu e apoiou.

Ao meu noivo Bruno, por seu companheirismo, paciência, incentivo e por nunca soltar a minha mão durante toda essa caminhada.

Aos meus amigos de graduação Altimar, Carol, Daienne, Jussara, Iara, Larissa, Luan, Sté, Thalia e Williane, que tornaram esta jornada mais leve e enriquecedora. E as minhas amizades de vida, Giselle, Thalita, Tainara e Mara, que sempre acreditaram e torceram por mim em cada etapa.

Registro minha gratidão aos professores do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto, em especial à minha orientadora, a Prof.ª Dra. Marina de Medeiros Machado, pela dedicação, orientação e inspiração profissional.

A Universidade Federal de Ouro Preto, á Escola de Minas e ao Departamento de Engenharia Ambiental (DEAMB) por me proporcionarem um ensino de qualidade e oportunidade de crescimento. Á Empresa Júnior de Engenharia Ambiental – Renovar Consultoria Jr., ao Grupo de Gestão de Resíduos Sólidos da UFOP (GRUFOP), ao Centro Acadêmico de Engenharia Ambiental, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelos espaços de desenvolvimento acadêmico e pessoal que ofereceram.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desta trajetória, deixo meu sincero muito obrigada.

RESUMO

A crescente geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), impulsionada pelo avanço tecnológico e o aumento do consumo, representa uma preocupação ambiental e de saúde pública global. Motivada pela necessidade de aprimorar a gestão desses resíduos, esta pesquisa buscou caracterizar os REEE gerados no campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), analisar a gestão atual e propor práticas sustentáveis para otimizar o seu manejo e destinação final. A metodologia combinou uma abordagem quantitativa e qualitativa, com a realização de um levantamento gravimétrico dos resíduos descartados em três pontos do campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP): Escola de Minas, Bloco de Salas e Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB). O estudo também incluiu visitas técnicas, revisão bibliográfica e análise das normativas ambientais. Os resultados revelaram que os resíduos da UFOP são compostos por materiais tóxicos e perigosos, destacando lacunas no processo de gestão atual. Foi identificada a necessidade de implementar ações de coleta seletiva, reutilização e reciclagem, bem como um plano de ação para adequação às normas ambientais e para a promoção de uma cultura de sustentabilidade na comunidade acadêmica. A gestão eficiente dos REEE é fundamental para minimizar os impactos ambientais e à saúde humana, além de atender às exigências legais. A implementação de práticas sustentáveis, aliada à conscientização da comunidade universitária, é um passo crucial para transformar a UFOP em uma instituição mais responsável e alinhada com as diretrizes de sustentabilidade.

Palavras-chaves: Gestão Sustentável; Gestão de Resíduos; Resíduos Eletroeletrônicos; Caracterização Gravimétrica; Universidade.

ABSTRACT

The increasing generation of waste from electrical and electronic equipment (WEEE), driven by technological advancement and rising consumption, poses a global environmental and public health concern. Motivated by the need to improve the management of these wastes, this research aimed to characterize the WEEE generated at the Morro do Cruzeiro campus of the Federal University of Ouro Preto (UFOP), analyze the current management practices, and propose sustainable methods to optimize their handling and final disposal. The methodology combined a quantitative and qualitative approach, including a gravimetric survey of the discarded waste at three points on the Morro do Cruzeiro campus of the Federal University of Ouro Preto (UFOP): School od Mines, Classroom Block and Institute of Exact and Institute of Exact and Biological Sciences (ICEB). The study also involved technical visits, a literature review, and an analysis of environmental regulations. The results revealed that UFOP's waste contains toxic and hazardous materials, highlighting gaps in the current management process. It identified the need to implement selective collection, reuse, and recycling actions, as well as an action plan to align with environmental standards and promote a culture of sustainability within the academic community. Efficient WEEE management is essential to minimize environmental impacts and health risks, in addition to complying with legal requirements. The adoption of sustainable practices, combined with increased awareness among the university community, is a crucial step toward transforming UFOP into a more responsible institution aligned with sustainability guidelines.

Keywords: Sustainable Management; Waste Management; Gravimetric Characterization; University.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Materiais com sistemas de logística reversa no Brasil. 5

Figura 2: Sistema de logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil. ...6

Figura 3: Sistema de logística reversa de pilhas e baterias no Brasil. 7

Figura 4: Linha dos Equipamentos Eletroeletrônicos. 10

Figura 5: Etapas da logística reversa. 22

Figura 6: Fluxograma dos objetivos e etapas da pesquisa. 28

Figura 7: Localização do Campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto. 31

Figura 8: Gravimetria na Escola de Minas. 35

Figura 9: Gravimetria no ICEB. 36

Figura 10: Gravimetria do Bloco de Salas. 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Substâncias tóxicas relevantes utilizadas nos EEE. 14

Tabela 2: Porcentagem da população coberta por legislações por sub-regiões nos anos 2014 e 2017. 20

Tabela 3: Listagem de Leis relacionadas à gestão de REEE na Administração Pública. 26

Tabela 4: Caracterização de REEE por Tipologia - Escola de Minas. 41

Tabela 5: Caracterização de REEE por Tipologia – ICEB. 42

Tabela 6: Caracterização de REEE por Tipologia - Bloco de Salas.....43

Tabela 7: Classificação dos REEE do Patrimônio da UFOP. 45

Tabela 8: Instituições que dispõe de projeto de reciclagem de eletroeletrônicos e sistema de gestão patrimonial. 49

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1: Maiores Geradores de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos - 2017 a 2020. 12

Gráfico 2: Composição REEE. 13

Gráfico 3: Classificação dos REEE nos Ecopontos da Universidade. 38

Gráfico 4: Distribuição quantitativa dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) do patrimônio da UFOP. 46

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABREE – Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos

APAE - Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais

ATDR – Agency for Toxicy Substances and Disease Registry

CFC – Clorofluorcarbonos

CMAP – Coordenadoria de Materiais e Patrimônio

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DEPATRI – Departamento de Patrimônio e Almoxarifado Central

EEE – Equipamentos Eletroeletrônicos

FACAPE – Faculdade de Petrolina

ICEA – Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas

ICEB – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas

ICSA – Instituto de Ciências Sociais Aplicadas

IES – Instituto de Ensino Superior

MMA – Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima

NBR – Norma Brasileira Registrada

ONU – Organização das Nações Unidas

PET – Programa de Educação Tutorial

PEV – Ponto de Entrega Voluntária

PLR – Plano de Logística Reversa

PLS – Plano de Logística Sustentável

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PROPLAD – Pró - Reitoria de Planejamento e Administração

PROF – Pró - reitoria de Finanças

PVC – Policloreto de Vinila

REEE – Resíduos Eletroeletrônicos

PBB e PBBE – Retardantes de Chama Bromados

SEI – Sistema Eletrônico de Informações

SLR – Sistema de Logística Reversa

TI – Tecnologia da Informação

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

UFG – Universidade Federal de Goiás

UFMG – Universidade de Minas Gerais

UFOP – Universidade de Ouro Preto

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco

USP – Universidade de São Paulo

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Sumário

1 INTRODUÇÃO 1

2 OBJETIVO GERAL 2

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 3

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS 3

3.2 LOGÍSTICA REVERSA 4

3.3 EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS (EEE) 8

3.4 RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS (REEE) 10

3.5 LEGISLAÇÃO E NORMAS VIGENTES DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS 20

3.6 RESÍDUOS ELETRÔNICOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR (IES) 25

4 MATERIAIS E MÉTODOS 27

4.1 LOCAL DE ESTUDO 30

4.2 COLETA DE DADOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DESCARTADOS 31

4.3 AVALIAÇÃO DE CUMPRIMENTO DE NORMAS LEGAIS 32

4.4 IDENTIFICAÇÃO DE DIRETRIZES SUSTENTÁVEIS PARA O MANEJO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS 32

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 34

5.1 CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA 34

5.2 ANÁLISE DE CONFORMIDADE DE GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS 47

5.3 DIRETRIZES PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DE REEE NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO 53

6 CONCLUSÃO 57

7 BIBLIOGRAFIA 59

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a demanda por produtos tecnológicos tem registrado um crescimento significativo, impulsionado por fatores como a globalização, o aumento de renda da população e os constantes avanços tecnológicos. O consumo de bens eletroeletrônicos tem se intensificado, tanto em termos de variedade quanto de quantidade. Contudo, os equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) representam uma problemática de ordem mundial, marcada pela rápida evolução tecnológica, pela aceleração do consumo e descarte desses itens, além de sua obsolescência precoce (SANTOS, 2018).

A indústria eletroeletrônica tornou-se a maior do mundo, como também a de maior valor agregado. Porém, o final da vida útil destes equipamentos torna-se um problema mundial, devido ao consumo de recursos importantes e elevado potencial de causar danos ao meio ambiente (ZENG E JINHUI, 2016).

Os resíduos eletroeletrônicos (REEE) podem conter metais tóxicos e outros poluentes que podem contaminar o solo, a água e o ar. De acordo com “uma pesquisa da Organização das Nações Unidas (ONU), em 2020 foram gerados cerca de 53,6 milhões de toneladas de resíduos eletroeletrônicos no mundo”. (ONU, 2021)

De acordo com SILVA (2020), estima-se que cerca de 99% de todos os produtos adquiridos pela população são descartados em um período de seis meses. Para atender às necessidades dos 7,6 bilhões de habitantes do mundo, além de garantir o consumo responsável de recursos e gerenciar adequadamente todos os resíduos produzidos, seria necessário o equivalente a 70% de outro planeta semelhante à Terra.

Uma gestão eficiente significa administrar esses resíduos de maneira adequada, abrangendo a coleta e o armazenamento em locais apropriados, além da correta destinação. Isso inclui a adoção de um plano de logística reversa (PLR), uma obrigação estipulada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) para todos os envolvidos no ciclo de vida desses equipamentos (BRASIL,2010).

A regulamentação para Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos

(REEE) no Brasil é relativamente recente em comparação com outros países. A Lei nº 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi decretada em agosto de 2010 (MMA, 2018). No entanto, é importante destacar que, no âmbito dos setores públicos, existe uma legislação específica para a gestão dos REEE. Essa legislação estabelece diretrizes com o intuito de garantir a responsabilidade sobre o patrimônio estatal (BISCAINO, 2012).

O gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) é de suma importancia para a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), devido à crescente geração desses materiais no ambiente universitário. Compostos por metais pesados, como chumbo, mercúrio e cádmio, esses resíduos representam sérios riscos à saúde e ao meio ambiente. A elaboração de um plano estratégico para sua gestão é essencial para mitigar esses impactos, promover a recuperação de materiais perigosos, reduzir a remoção de recursos naturais, cumprir a legislação ambiental e fortalecer os princípios de sustentabilidade defendidos pela universidade.

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) no Campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) a fim de identificar as práticas atuais, avaliar sua conformidade com a legislação ambiental vigente e propor um plano de ação para a otimização dos processos de coleta, armazenamento, tratamento e destinação final dos REEE, contribuindo para a redução do impacto ambiental.

2 OBJETIVO GERAL

Apresentar estratégias para a elaboração de um plano de gestão de resíduos eletroeletrônicos no Campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar a gestão de resíduos eletroeletrônicos no Campus Morro do

Cruzeiro, identificado desafios e potencialidades.

- Avaliar o cumprimento das regulamentações ambientais e normas de descarte de equipamentos eletroeletrônicos.
- Sugerir ferramentas eficazes de manejo de equipamentos eletroeletrônicos mais sustentáveis e eficazes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A lei 12.305/2010 de 02 de agosto de 2010 (Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos), dispõe sobre seus princípios, objetivos 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, em seu capitulo II art. 3° - define os Resíduos Sólidos como:

> XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010);

Por sua vez a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2024) define e classifica os resíduos sólidos por meio da Norma Brasileira Registrada (NBR) 10.004 (2024) da seguinte maneira:

> "Resíduos em estado sólido e semi-sólido, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de

> varrição. Incluem-se nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, os gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos que, devido às suas características, tornam inviável seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água ou exijam, para isso, soluções técnicas e econômicas inviáveis em face à melhor tecnologia disponível."

Dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) para a gestão ambientalmente adequada dos resíduos, inclui a: proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais; redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos; incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; gestão integrada de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Ademais, na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

3.2 LOGÍSTICA REVERSA

A logística reversa, prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), é um instrumento que promove a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, exige a participação de fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes na implementação de sistemas que viabilizem a coleta e devolução de produtos ou embalagens recicláveis, garantindo seu reaproveitamento na cadeia produtiva ou sua disposição final adequada. Esses sistemas visam intensificar a reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos, diminuindo a remoção de materiais primários e promovendo a economia circular (ABREMA, 2024).

A implantação de um sistema de logística reversa pode ser desencadeada por legislação, acordos setoriais ou termos de compromisso. De acordo com a Figura 1, cada sistema deve estar vinculado a pelo menos uma instituição responsável pela gestão do programa, incluindo coleta, consolidação de dados e implementação de

estratégias para otimização. As diretrizes e obrigações específicas são detalhadas nos respectivos regulamentos e monitoradas pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima (MMA) por meio de relatórios anuais de desempenho apresentados pelas entidades gestoras (ABREMA, 2024).

Figura 1: Materiais com sistemas de logística reversa no Brasil.

Nº	Material	Instituição/ Entidade Gestora	Instrumento de Implementação	Ano do Instrumento
1	Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens	inpEV	Decreto nº 4.074	2002
2	Baterias de chumbo ácido	IBER	Acordo setorial	2019
3	Eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico	Abree Green Eletron	Acordo setorial	2019
4	Embalagens de aço	PROLATA	Termo de compromisso	2018
5	Embalagens de vidro	Circula Vidro	Decreto nº 11.300	2022
6	Embalagens em geral	Diversas Entidades*	Acordo setorial	2015
7	Embalagens de óleos lubrificantes	Instituto Jogue Limpo	Acordo setorial	2012
8	Óleos lubrificantes usados ou contaminados (OLUC)	ANP Instituto Jogue Limpo	Resolução CONAMA nº 362	2005
9	Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista	Reciclus	Acordo setorial	2014
10	Latas de alumínio para bebidas	Recicla Latas	Termo de compromisso	2020
11	Medicamentos, seus resíduos e embalagens	GAP	Decreto nº 10.388	2020
12	Pilhas e baterias	Green Eletron	Resolução CONAMA nº 401	2008
13	Pneus inservíveis	Reciclanip	Resolução CONAMA nº 416	2009

* A logística reversa de embalagens em geral possui diversas entidades gestoras responsáveis pelo levantamento de dados do sistema.

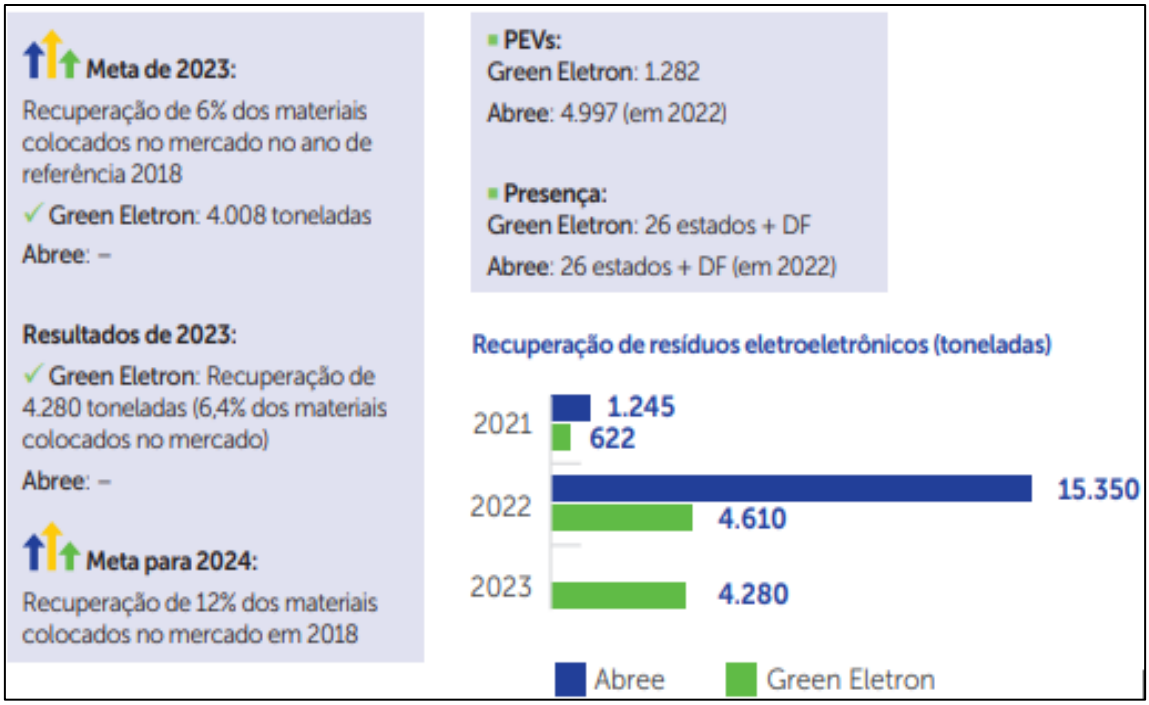
Fonte: ABREMA, 2024.

Visando minimizar os impactos ambientais, cumprir a legislação vigente e

promover a economia circular, a logística reversa de resíduos eletroeletrônicos (REE) no Brasil é gerenciada por duas entidades sem fins lucrativos: a Gestora para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos Nacional (Green Eletron) e a Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos (ABREE) (ABREMA, 2024). Ambas estão, em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, são responsáveis pela cadeia da logística reversa, desde a coleta e o transporte até a triagem, reciclagem e destinação final ambientalmente adequada dos REE. Para tanto, contam com uma rede de pontos de entrega voluntária (PEVs) e estabelecem parcerias estratégicas com governos e empresas, promovendo campanhas de conscientização e consolidando dados para monitoramento e avaliação contínua.

A FIGURA 2 a seguir apresenta um panorama sobre o sistema de logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, com dados detalhados sobre as metas, resultados e a atuação das entidades gestoras Green Eletron e ABREE.

Figura 2: Sistema de logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil.



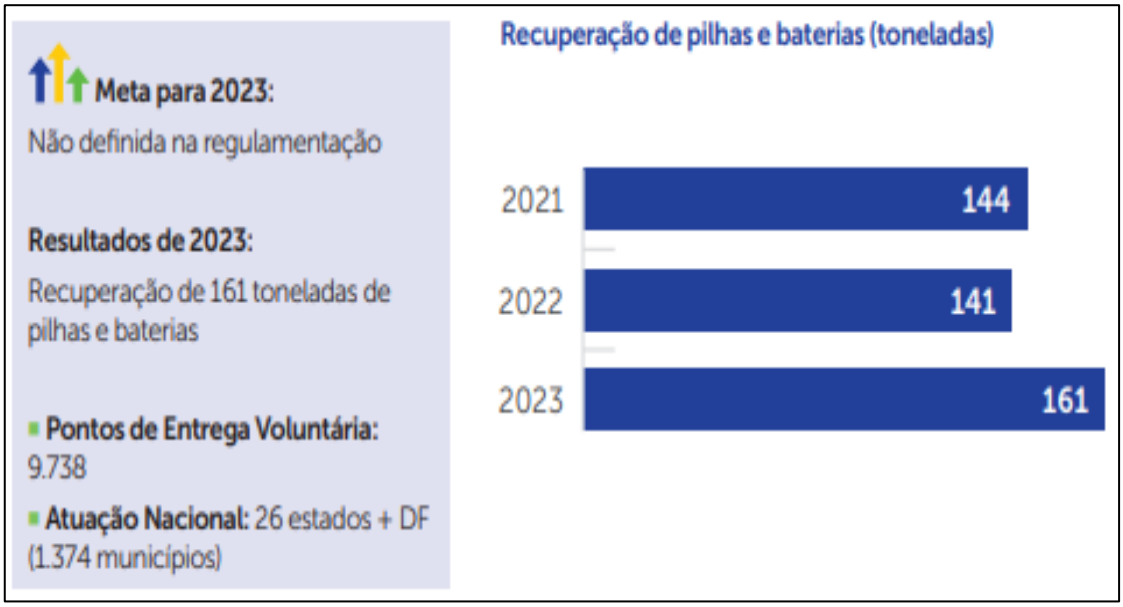
Fonte: ABREMA, 2024.

Em 2023, a Green Eletron e a ABREE demonstraram um avanço expressivo na

gestão da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil. A Green Eletron, ao recuperar 4.280 toneladas, superou a meta de 6% estabelecida para 2018, evidenciando a eficácia de suas estratégias. A ABREE, com uma extensa rede de 4.997 pontos de coleta distribuídos por 26 estados e o Distrito Federal, contribuiu significativamente para a coleta e destinação adequada dos resíduos. A análise da Figura 04 revela um crescimento na recuperação de resíduos nos últimos anos, esses números refletem o aprimoramento das estratégias de gestão e a ampliação da infraestrutura dos PEVs. As metas para 2024, com o objetivo de recuperar 12% dos materiais colocados no mercado, demonstram o compromisso das entidades com a sustentabilidade e a economia circular (ABREMA,2024).

O sistema de logística reversa de pilhas e baterias, operado pela Green Eletron, não estabelece metas específicas de recolhimento, mas exige que todos os pontos de venda tenham locais adequados para a coleta desses materiais. Conforme ilustrado na Figura 3, em 2023 observou-se um aumento de cerca de 14% na recuperação em comparação ao ano anterior. Desde sua implementação em 2017, foram coletadas aproximadamente 850 toneladas de pilhas e baterias (ABREMA, 2024).

Figura 3: Sistema de logística reversa de pilhas e baterias no Brasil.



Fonte: ABREMA, 2024.

Portanto, a logística reversa é essencial para a gestão sustentável de resíduos, promovendo a reciclagem e a reutilização de materiais, como pilhas, baterias e eletroeletrônicos. Ela contribui para a redução dos impactos ambientais, como a contaminação do solo e da água, e conserva recursos naturais para evitar a deterioração de novos materiais. Além disso, favorecer uma economia circular, gerando novos modelos de negócios sustentáveis e econômicos. Ao envolver fabricantes, consumidores e o poder público, a logística reversa também incentiva a responsabilidade compartilhada na gestão de resíduos, promovendo uma sociedade mais consciente e sustentável.

3.3 EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS (EEE)

Os Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE) desempenham um papel essencial no dia a dia, pois proporciona praticidade e eficiência em diversas atividades, tanto pessoais quanto profissionais. Esses dispositivos estão presentes no trabalho, lazer, educação, saúde, contribuindo significativamente para o bem estar e a qualidade de vida das pessoas (CETEM, 2012).

A definição de Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE) está descrita na Diretiva Europeia nº 2012/19/EU do Parlamento, aprovado em 04 de julho de 2012 que define:

> "... dependentes de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos para funcionarem corretamente, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos, e concebidos para utilização com uma tensão nominal não superior a 1 000 V para corrente alterna e 1 500 V para corrente contínua;" (Parlamento Europeu, 2012, p.6).

Em 2013 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a NBR-16156:2013 – intitulada "Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para a atividade de manufatura reversa", na qual foi estabelecida a seguinte definição para equipamentos eletroeletrônicos:

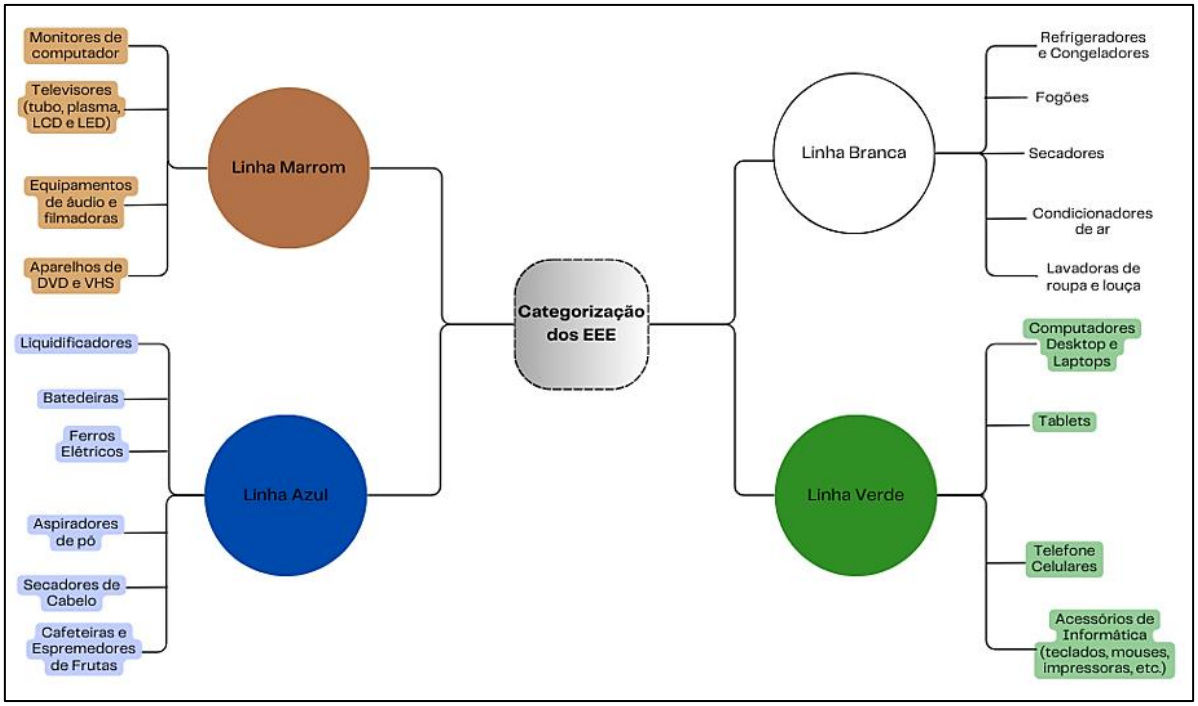
> "...equipamentos, partes e peças cujo funcionamento adequado depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como os

> equipamentos para geração, transmissão, transformação e medição dessas correntes e campos, podendo ser de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços" (ABNT, 2013).

De acordo com ESPINOSA (2002), CARVALHO; XAVIER (2014) no Brasil, os Equipamentos Eletroeletrônicos são classificados em quatro grupos pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Como ilustrado na Figura 4 essas categorias abrangem os seguintes linhas:

- **Linha Marrom:** dispositivos eletrônicos específicos para entretenimento e comunicação, esses produtos são compostos por materiais como plástico, vidro e metais pesados. Geralmente possuem porte médio com peso variando entre 1 e 35 kg;
- **Linha Azul:** dispositivos eletrônicos de pequeno porte com peso variando entre 0,5 e 5 kg. São produtos de uso comum utilizados no dia a dia, fabricados com materiais como plástico e metais;
- **Linha Branca:** são eletrodomésticos de grande porte com peso variando entre 30 a 70 kg. Esses equipamentos são os mais volumosos entre os EEE (Equipamentos Eletroeletrônicos) e são compostos por materiais como aço inoxidável, cobre e outros metal, que garante durabilidade ao produto;
- **Linha Verde:** são equipamentos de informática e telecomunicações, classificados como equipamentos de pequeno porte com peso variando entre 0,09 e 30 kg seus matérias são compostos por metais, vidro e plásticos.

Figura 4: Linha dos Equipamentos Eletroeletrônicos.



Fonte: AUTOR, 2025.

Segundo Franco (2008), um equipamento eletroeletrônico pode se tornar obsoleto, ou seja, se transformar em resíduo por diversas razões, entre elas: não funciona mais e não pode ser reparado; o seu reparo é inviável financeiramente; não se encontram mais peças para o reparo; funciona, mas é tecnicamente obsoleto, sendo substituído por um equipamento tecnologicamente mais eficiente. Os REEE obsoleto são direcionados para o aumento contínuo do volume de resíduos eletrônicos, gerando sérias implicações para o meio ambiente e riscos significativos à saúde humana (ABDI, 2013).

3.4 RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS (REEE)

A geração de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) é um problema crescente em nível mundial, devido ao volume e à velocidade com que os materiais vêm sendo descartados (DIAS et al., 2017).

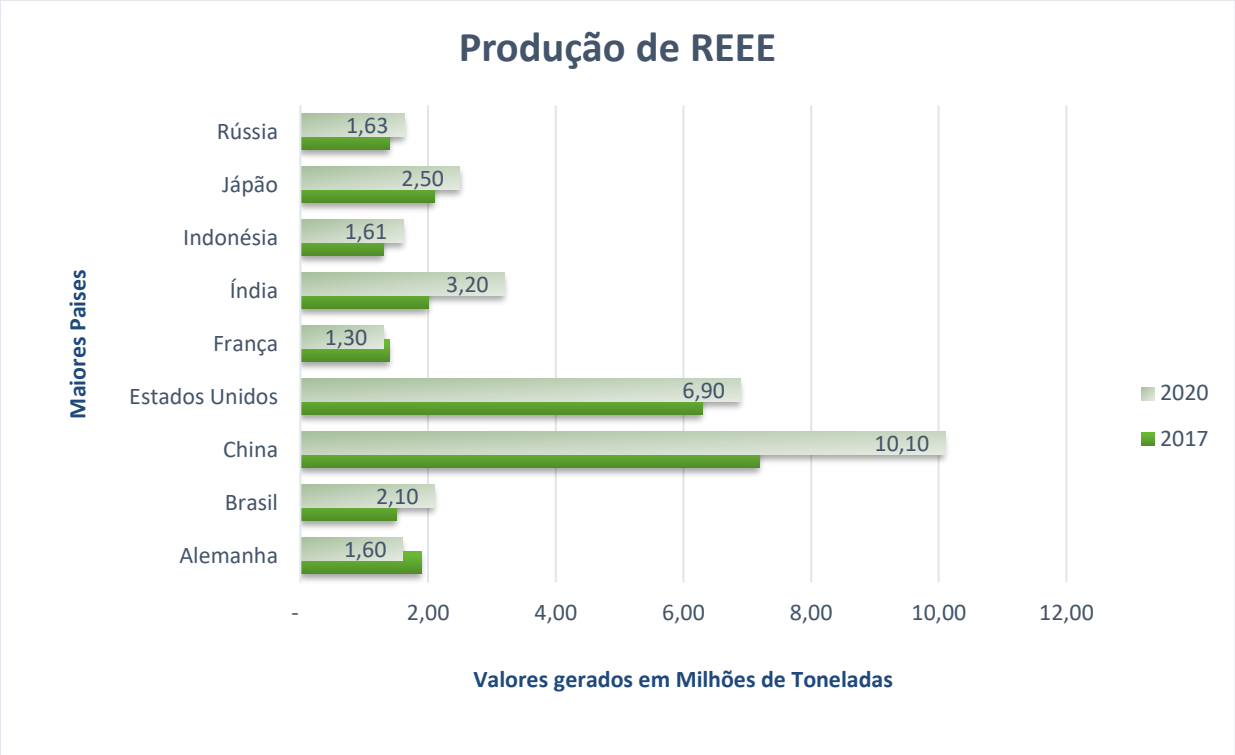
De acordo com a Diretiva Europeia 2012/19/EU, os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) são aqueles:

> “...equipamentos elétricos e eletrônicos que constituem resíduos – ou seja, quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se desfazer –, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte integrante do produto no momento em que este é descartado” (Parlamento Europeu, 2012, p. 6).

Os dados apresentados pelo The Global E-waste Monitor (2020) destacaram os maiores países produtores de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) nos anos de 2017 a 2020, destacando a quantidade total de resíduos gerados e a geração per capita.

Conforme apresentado na Gráfico 01, no ano de 2017, a China liderou a produção de REEE, com 7,2 milhões de tonelada (5,2 kg por habitantes), seguida pelos Estados Unidos com 6,3 milhões de toneladas (19,4 kg por habitante) e pelo Japão com 2,1 milhões de toneladas (16,9 kg habitante). Nesse ano, o Brasil ocupou a 6ª posição com 1,5 milhões de toneladas (7,20 kg por habitante). Já em 2020 a China manteve sua liderança, apresentando um aumento significativo na produção de REEE, com 10,1 milhões de toneladas (7,3 kg por habitante). Os Estados Unidos continuaram na segunda posição, com 6,9 milhões de toneladas (21,2 kg por habitante), enquanto a Índia alcançou o terceiro lugar, com 3,2 milhões de toneladas (2,4 kg por habitante). O Brasil subiu para a 5ª posição, registrando 2,1 milhões de toneladas (10,3 kg por habitante), evidenciando um crescimento relevante na geração de resíduos eletroeletrônicos.

Gráfico 1: Maiores Geradores de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos - 2017 a 2020.



Fonte: AUTOR, 2025.

A maioria dos países apresentou crescimento significativo na geração de REEE entre 2017 a 2020. No caso do Brasil, a produção passou de 1,5 milhão de toneladas em 2017 para 2,1 milhões de toneladas em 2020.

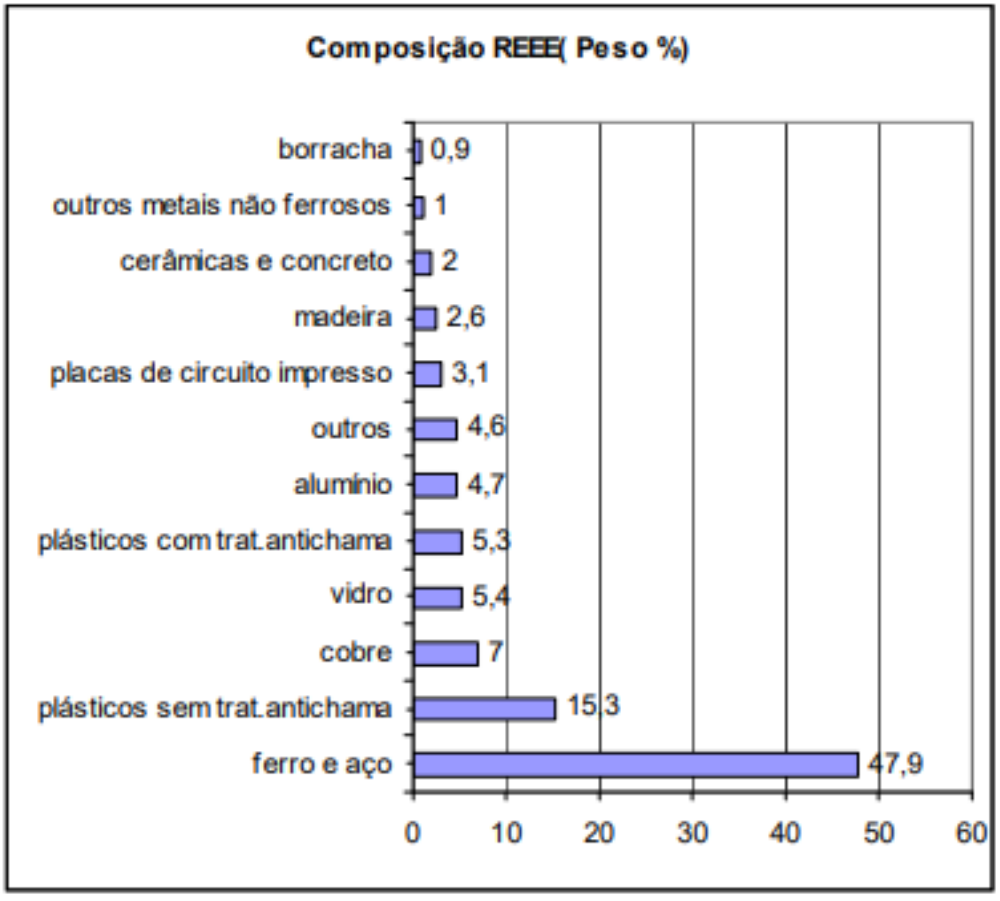
O aumento na geração de resíduos por habitante é um sinal de alerta, nos Estados Unidos, por exemplo, o valor subiu de 19,4 kg por habitante em 2017 para 21,2 kg por habitante em 2020, demonstrando o impacto do consumo elevado e da falta de estratégias adequadas para lidar com o descarte (THE GLOBAL E-WASTE MONITOR, 2020).

Esses dados reforçam a necessidade urgente de políticas públicas para a gestão adequada dos resíduos eletrônicos, com foco na reciclagem, logística reversa e na economia circular. Além disso, o crescimento per capita evidencia a importância de conscientizar a população sobre práticas de consumo responsável e descarte adequado, visando mitigar os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto desses resíduos (SEMIL, 2024).

Os Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) contêm mais de 1.000 substâncias diferentes, muitas delas consideradas tóxicas, como chumbo,

mercúrio, arsênio, cádmio, selênio, cromo hexavalente e retardadores de chama, que podem gerar emissões de dioxinas quando incinerados de maneira conveniente (Widmer, Rolf, et al., 2005). Além disso, conforme ilustrado ver no Gráfico 2, os REEE são constituídos por uma ampla variedade de materiais, incluindo plásticos, vidros, componentes eletrônicos, entre outros.

Gráfico 2: Composição REEE.



Fonte: European Topic Centre, 2006.

A extração de cada um desses resíduos exige um procedimento diferenciado, portanto sua separação para processamento e sua reciclagem possuem um certo grau de complexidade, um custo e um impacto consideravelmente maiores (ABDI, 2013).

O gerenciamento e a destinação dos REEE representam um desafio global e em

muitos casos, essas práticas são inadequadas, e a reciclagem realizada de forma informal intensifica o problema, contribuindo para a contaminação ambiental e colocando em risco a saúde humana (HEACOCK et al., 2016). A reciclagem informal, marcada pela precariedade e pela falta de controle, submete os catadores a um contato constante com substâncias tóxicas, colocando em risco suas vidas (HEACOCK et al., 2016).

3.5 IMPACTOS AMBIENTAIS DOS RESÍDUOS ELETROELETRÕNICOS NA SAÚDE

De acordo com Nordic Council of Ministers (1995), as substâncias mais problemáticas, do ponto de vista ambiental quanto para a saúde humana, presente nos REEE, incluem os metais pesados, os gases de efeito estufa, como os clorofluorcarbonos (CFC's) utilizado em aparelhos antigos de refrigeração, substâncias halogenadas, bifenilas poli cloradas (PCB's), cloreto de polivinila (PVC) e retardantes de chama bromados (PBB e PBBE), além de arsênio.

A variedade de equipamentos eletrônicos e a presença de diversas substâncias tóxicas em sua composição nos levam a destacar algumas das mais relevantes, conforme mostrado na Tabela 1. Nessa tabela, apresenta-se um detalhamento sobre o uso dessas substâncias, as formas de exposição humana e os potenciais risco à saúde. Os dados foram extraídos do banco de informações toxicológicas da ATSDR – Agency for Toxicy Substances and Disease Registry.

Tabela 1: Substâncias tóxicas relevantes utilizadas nos EEE.

SUBSTÂNCIA	USO E EXPOSIÇÃO	EFEITOS NA SAÚDE
Arsênio	Um elemento químico com propriedades semimetálicas, tem sido amplamente utilizado na indústria eletrônica devido à sua capacidade de conduzir eletricidade e formar compostos	Em concentrações mais altas, o arsênio inorgânico pode ser fatal. Uma exposição prolongada a níveis mais

	semicondutores de arsêneto de gálio (GaAs) nas áreas de telecomunicação, pilhas solares e pesquisas espaciais. A exposição a níveis mais elevados ocorre, principalmente em ambientes de trabalho e nas proximidades de aterros de resíduos perigosos.	baixos pode resultar em descoloração da pele e no aparecimento de manchas ou pequenas verrugas.
Berílio	As ligas de berílio são amplamente utilizadas na fabricação de componentes elétricos e eletrônicos, além de materiais para construção de máquinas e moldes para plásticos. Esse elemento pode ser concentrado em quantias pouco significativas em produtos de consumo, como televisões, calculadoras e computadores pessoas. O contato direto com o berílio presentes nesses produtos é pouco provável, desde que os materiais estejam devidamente protegidos em compartimentos que impeça a exposição direta. A exposição ocupacional ao berílio ocorre principalmente em locais onde o material é extraído, processado, ou transformado em metais, ligas, e outros produtos químicos. Trabalhadores envolvidos na reciclagem de berílio a partir de ligas, sucatas, ou no uso de produtos	A exposição a níveis elevados de berílio no ar pode causar danos aos pulmões. Aproximadamente 1% a 15% das pessoas expostas ocupacionalmente ao berílio não desenvolvem sensibilidade ao elemento, o que pode levar à doença crônica do berílio. Estudos realizados com trabalhadores indicaram um aumento no risco de câncer de pulmão. Agência de Proteção Ambiental (EPA) classificou o berílio como um agente cancerígeno provável para humanos.

	que contenham berílio podem estar sujeitos a exposição ao óxido do berílio.	
Chumbo	O descarte inadequado de produtos que contenham chumbo nos resíduos domiciliares contribui para sua presença em aterros sanitários municipais. A exposição ao chumbo pode ocorrer por meio de inalação de poeira em locais de trabalho, como instalações de reciclagem e equipamentos eletrônicos são desmontados ou triturados, ou ainda pela ingestão de alimentos e água contaminados.	O chumbo se acumula no ambiente, causando efeitos tóxicos, tanto agudos quanto crônicos, em plantas, animais e microrganismos. Em seres humanos, sua exposição pode promover danos aos sistemas nervoso central e periférico, além de comprometer o sistema endócrino.
Cádmio	A exposição ao cádmio ocorre, na maioria das vezes, em ambientes ocupacionais onde produtos contendo esse elemento são fabricados. Os trabalhadores ficam expostos ao cádmio presentes no ar durante processos de retirada e refino de metais, bem como em fábricas que entregam itens como baterias, revestimentos metálicos ou plásticos. Além disso, a exposição pode ocorrer durante operações de soldagem de metais que contenham cádmio.	O cádmio é um metal pesado altamente tóxico, e sua exposição prolongada pode causar sérios problemas de saúde, como danos aos rins, ossos e sistema respiratório. Por isso, é essencial que os locais de trabalho implementem medidas rigorosas de segurança e controle ambiental para minimizar os riscos associados a esse elemento.
	O mercúrio metálico é utilizado em uma ampla gama de produtos domésticos e	A exposição a níveis elevados de mercúrio, seja

Mercúrio	industriais, incluindo termostatos, lâmpadas fluorescentes, barômetros, medições de vidro e dispositivos de medição de pressão arterial. Aproximadamente 15% do mercúrio total liberado no ambiente provido de fertilizantes, fungicidas e resíduos urbanos municipais, como aqueles que contenham baterias descarregadas, interruptores elétricos ou termômetros. A exposição ao mercúrio pode ocorrer por inalação do ar ou pela ingestão de água ou alimento contaminado. As ocupações com maior risco de exposição incluem fábricas de equipamentos eletrônicos e elétricos (EEE), indústrias de peças automotivas que utilizam mercúrio, bem como algumas indústrias químicas.	na forma metálica, inorgânica ou orgânica, pode causar danos significativos ao cérebro, aos rins e ao feto na formação, sendo este último particularmente vulnerável a todas as formas de mercúrio. O metil mercúrio e os vapores metálicos são as formas mais tóxicas e perigosas, com efeitos agudos e pontuais sobre a saúde humana. Uma exposição prolongada pode afetar gravemente o sistema nervoso, resultando em sintomas como irritabilidade, tremores, alterações na visão e audição, além de problemas de memória e dificuldades cognitivas.
	A fabricação de dispositivos eletrônicos e de interruptores, bem como outros processos industriais que utilizam tálio, pode resultar em exposição a níveis elevados desse metal tóxico. A exposição	Quando os trabalhadores lidam com o tálio ou seus compostos, podem ficar expostos a esse metal por inalação de

Tálio	ocupacional ao tálio é particularmente comum em ambientes de trabalho onde esse elemento é usado, como na produção de componentes eletrônicos, semicondutores e materiais de alta tecnologia.	poeiras ou vapores, ou ainda através do contato direto com a pele. A exposição ao tálio pode causar sérios danos à saúde, afetando o sistema nervoso, os rins e o fígado, além de provocar problemas digestivos e cardiovasculares.
Polychlorinated biphenyls (PCB's)	Foram amplamente utilizados como fluidos e transportes em transformadores, capacitores e outros equipamentos eletrônicos, onde atuavam como isolantes devido às suas propriedades elétricas e térmicas. A produção de PCB's foi interrompida nos Estados Unidos em 1979 e nos anos seguintes em vários outros países, mas o uso dessas substâncias ainda representa riscos ambientais e à saúde. Apesar de sua exclusão, os PCB's continuam a ser liberados no ambiente por diversas fontes, como, a contaminação pode ocorrer em locais de resíduos perigosos e pela eliminação ilegal de resíduos industriais e produtos de consumo, como equipamentos eletrônicos antigos. Também serão liberados durante incêndios acidentais. Produtos como dispositivos elétricos antigos, incluindo lâmpadas fluorescentes, TVs e	Os efeitos de saúde incluem problemas de pele nos adultos e mudanças neurocomportamentais e imunológicas em crianças. O PCB's são conhecidos por causar o câncer em animais.

	refrigeradores fabricados há mais de 40 anos, podem liberar pequenas quantidades de PCB’s no ar, especialmente quando ocorre um aquecimento durante a operação. Além disso, a exposição pode ocorrer em situações de trabalho durante o reparo e a manutenção de transformadores e outros equipamentos contendo PCB’s.	
Polybrominated biphenyls (PBB’s)	São adicionados aos plásticos usados em diversos produtos, como monitores de computador, TVs, espumas plásticas, cabos e condutores, com o objetivo de tornar os resistentes ao fogo. Esses compostos funcionam como retardantes de chama, ajudando a prevenir a propagação do fogo em materiais que, de outra forma, poderiam ser altamente inflamáveis.	Devido à sua alta toxicidade e persistência ambiental, os PBBs têm sido progressivamente banidos ou restritos em muitos países. Quando esses produtos contendo PBBs são descartados de maneira inconveniente, eles podem liberar substâncias tóxicas no meio ambiente, representando riscos à saúde humana e à biodiversidade.

Fonte: ATSDR (2006).

A principal preocupação com o destino correto dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) está relacionada à exposição a metais pesados e outras substâncias tóxicas, o que configura um grave problema de saúde pública e ambiental. Consumidores que mantêm equipamentos antigos em casa, bem como trabalhadores envolvidos na coleta, triagem, desmontagem e reciclagem de

dispositivos, estão expostos a riscos causados por contaminação. A presença desses compostos no organismo pode resultar em sérios danos à saúde, afetando diversos sistemas e provocando consequências graves, conforme detalhado na tabela 1 (ABDI, 2013).

Além dos impactos diretos à saúde humana, o descarte inadequado de REEE representa uma ameaça ambiental significativa. É crucial que esses resíduos não sejam descartados na natureza ou misturados com resíduos orgânicos, pois isso pode contaminar o solo, águas superficiais e subterrâneas, comprometendo a biodiversidade e os recursos hídricos. Portanto, a gestão responsável desses resíduos é essencial para proteger tanto a saúde humana quanto o meio ambiente (ABDI, 2012).

3.5 LEGISLAÇÃO E NORMAS VIGENTES DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

De acordo com Baldé et al. (2017), apenas uma parte da população mundial está amparada pelas legislações específicas relacionadas ao destino de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Na Tabela 2, são apresentados os percentuais da população, nos anos de 2014 e 2017, por sub-regiões que foram cobertas por tais regulamentações.

Tabela 2: Porcentagem da população coberta por legislações por sub-regiões nos anos 2014 e 2017.

LOCAL	2014	2017
Mundo	44	66
Leste da África	10	31
Central da África	14	15
Norte da África	0	0
Sul da África	0	0
Oeste da África	49	53

Caribe	12	12
América Central	74	76
América do Norte	98	100
América do Sul	29	30
Ásia Ocidental	0	0
Ásia Oriental	99	100
Sudeste da Ásia	14	17
Sul da Ásia	0	73
Ásia Ocidental	37	38
Europa Oriental	46	99
Norte da Europa	99	100
Sul da Europa	100	100
Europa Ocidental	99	100
Austrália e Nova Zelândia	81	85
Melanésia	0	0
Micronésia	0	0
Polinésia	0	0

Fonte: Baldé et al. (2017)

Podemos observar que, embora tenha havido avanços na implementação de legislações para a gestão de REEE em diversas regiões do mundo, ainda existem áreas com cobertura legislativa limitada, especialmente em partes da África, América do Sul e Oceania (BALDÉ ET AL, 2017).

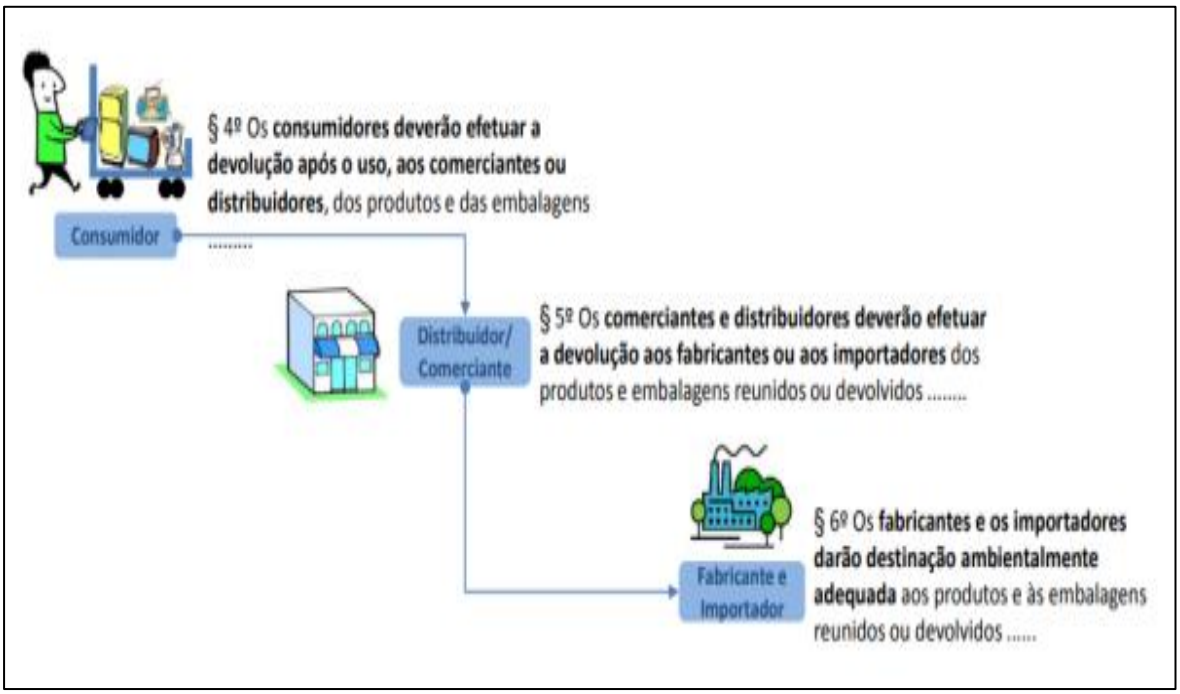
No Brasil, apesar de não haver uma legislação específica dedicada exclusivamente aos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), há um

conjunto de leis, decretos e normas que estabelecem diretrizes e regulamentam a gestão desses resíduos (DINIZ, NINA ROSA, 2016).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, que regulamenta a gestão de resíduos sólidos no Brasil, incluindo os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), essa legislação estabelece diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, incluindo a logística reversa (figura 5). No seu capítulo III das responsabilidades dos geradores e do poder público:

> Artigo 33, inciso VI dispões que: "fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes devem estabelecer um sistema de logística reversa para assegurar o retorno desses produtos, após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos" (BRASIL, 2010).

Figura 5: Etapas da logística reversa.



Fonte: ABINEE (2014).

A gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) no Brasil ganhou um novo impulso com a publicação do Decreto Nº 10.240/20, considerando

um marco importante para o gerenciamento desses resíduos. Este decreto regulamenta a implementação do sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico, complementando a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e detalhando as obrigações dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes (BRASIL, 2020). Entre seus principais aspectos do decreto, destaca-se a implementação obrigatória do sistema de logística reversa baseada no princípio da responsabilidade compartilhada entre todos os agentes da cadeia produtiva que são os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes. O decreto também prevê a implantação de pontos de entrega voluntária, com o objetivo de facilitar o descarte ambientalmente adequado por parte dos consumidores (BRASIL, 2021).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através de suas resoluções, estabelece um conjunto de normas e critérios para a gestão ambientalmente adequada de diversos tipos de resíduos.

- A resolução Nº 257/99, por sua vez, trata-se especificamente das pilhas e baterias que estabelece restrições para a presença de metais pesados que contenham em suas composições cádmio, chumbo e mercúrio e seus compostos incluindo os eletrônicos. A resolução também define a obrigatoriedade de procedimentos para reutilização, reciclagem, tratamento ou fornecimento final ambientalmente adequado desses materiais (CONAMA, 1999).

A resolução CONAMA Nº257/99 foi revogada pela resolução CONAMA Nº 401/08 que estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências (CONAMA, 2008).

- A resolução CONAMA Nº 401/08 trouxe avanços em relação à 257/99 ,

ao estabelecer critérios mais específicos para a fabricação e comercialização de pilhas e baterias, promovendo produtos mais seguros e menos nocivos, enquanto a resolução CONAMA Nº 257/99 focava na gestão de resíduos, como reutilização e reciclagem, a 401/08 define limites para metais pesados e detalha critérios técnicos de gerenciamento, reforçando a logística reversa e ampliando as responsabilidades dos fabricantes e importadores na gestão ambiental.

Além das legislações, decretos e resoluções anteriormente citadas. Temos a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) também desempenha um papel importante na classificação dos resíduos sólidos com base em seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, permitindo um gerenciamento adequado.

- Essa classificação é estabelecida pela Norma Técnica Brasileira NBR 10004:2024 (ABNT, 2024). De acordo com a NBR 10004:2024, os resíduos são classificados em:

  Resíduos Grupo 1: Classes/categorias de perigo que levam à classificação do resíduo como “perigoso”:

  - Toxicidade aguda;
  - Mutagenicidade;
  - Carcinogenicidade;
  - Toxicidade à reprodução;
  - Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT)/toxicidade por aspiração
  - Ecotoxicidade.

  Resíduos Grupo 2: Classes/categorias de perigo que não levam à classificação do resíduo como “perigoso”:

  - Irritante (irritação à pele e lesão/irritação ocular);
  - Sensibilizante (ABNT, 2024).

- Além da NBR 10004:2024, outra norma relevante é a ABNT NBR 16156:2013, que apresenta definições importantes para os equipamentos eletroeletrônicos (EEE). Esta norma apresenta aspectos

específicos para os resíduos eletroeletrônicos e resíduo eletroeletrônico perigoso, fundamentais para a gestão adequada desses materiais.

> 3.12 - Equipamentos eletroeletrônicos: são equipamentos, peças cujo funcionamento depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos. Inclui também dispositivos destinados à geração, transmissão, transformação e medição dessas correntes e campos, podendo ser de uso domésticos, industriais, comerciais ou de serviços.
>
> 3.29 - Resíduos eletroeletrônicos: equipamentos eletroeletrônicos, suas partes e peças que chegaram ao final de sua vida útil ou tiveram seu uso descontinuado.
>
> 3.30 - Resíduo eletroeletrônico perigoso: cuja composição é desconhecida ou que devido a suas propriedades físicas ou químicas podem apresentar: a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada (ABNT, 2013).

3.6 RESÍDUOS ELETRÔNICOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR (IES)

As Instituições de Ensino Superior (IES), por conta de suas atividades administrativas, de ensino, pesquisa e extensão, apresentam uma demanda significativa por equipamentos eletroeletrônicos. Esses dispositivos estão sujeitos a um sistema de gestão patrimonial, que garante a rastreabilidade dos ativos desde sua aquisição até sua retirada, quando passam a ser classificados como bens inservíveis. Contudo, o elevado consumo de eletroeletrônicos resulta em uma geração significativa de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), exigindo soluções eficientes e sustentáveis para sua gestão (PONTE, F. R. Q, 2017).

Conforme Watanabe e Candiani (2019), a remoção do bem do patrimônio pode dificultar o descarte correto de REEE em entidades públicas. Compreender as práticas atuais nessas instituições é fundamental para propor melhorias na gestão desses resíduos.

O descarte de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) em

instituições públicas de ensino superior deve seguir rigorosamente a legislação vigente, como o Decreto nº 9.373/2018. Este define os procedimentos para a alienação de bens inservíveis e determina a destinação de equipamentos tecnológicos a programas de inclusão digital (BRASIL, 2018).

De acordo com Ferreira et al. (2018) os equipamentos eletrônicos obsoletos em instituições públicas deverão passar por um processo de avaliação realizado pelo setor responsável pela gestão patrimonial, seguido de sua destinação adequada. Após a baixa patrimonial, prioriza-se a reutilização, doação ou venda em leilão. O descarte final deve ser realizado de forma ambientalmente correta, em conformidade com as normas e regulamentações vigentes.

O quadro a seguir apresenta as principais leis e decretos relacionados à gestão de resíduos em universidades.

Tabela 3: Listagem de Leis relacionadas à gestão de REEE na Administração Pública.

INSTRUMENTO LEGAL	RELEVÂNCIA PARA A GESTÃO DE REEE
Lei n° 8.666/1993	Regulamenta as licitações, contratos e patrimônio materiais dos órgãos governamentais, estabelece sobre o tombamento e caracterização desses patrimônios.
Lei nº 12.305/2010	Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, estabelece que é de responsabilidade dos produtores, importadores, distribuidores e comerciantes a implantação de sistemas de logística reversa para Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos
Decreto nº 9.373/2018	Estabelece classificações para descarte correto dos bens públicos. A partir desse decreto pode ser feita a reutilização de bens e destinação final adequada.
Decreto nº 10.240/2020	Complementa o Decreto nº 9.177/2017, que regulamenta e incentiva a implantação de sistemas de logística reversa de produtos eletroeletrônicos.

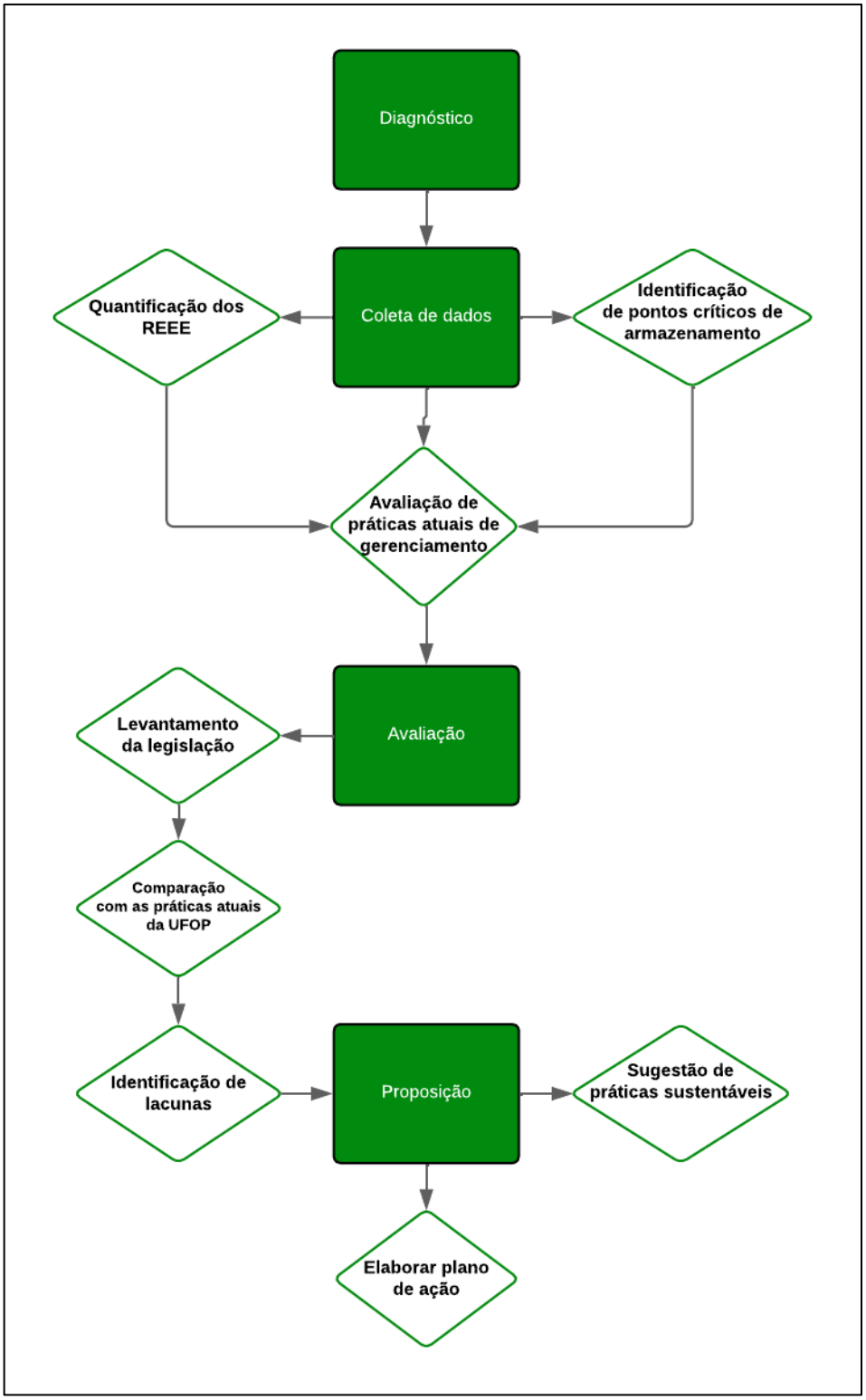
Lei 14.133/2021	A nova “Lei de Licitações e Contratos” estabelece as formas de desfazimento dos bens da administração pública por meio de alienação. De acordo com a lei, os bens móveis somente poderão ser doados para fins de interesse social e a permuta somente poderá ocorrer entre órgãos da administração pública.

Fonte: JESUS; YAMANE; SIMAN, 2023.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa se valeu de uma análise quantitativa, foi realizada conforme etapas ilustradas no fluxograma apresentado na FIGURA 6.

Figura 6: Fluxograma dos objetivos e etapas da pesquisa.



Fonte: AUTOR, 2025.

A primeira etapa da pesquisa se inicia fazendo o diagnóstico da situação atual do Campus Morro do Cruzeiro na UFOP que é:

- Coleta de Dados: realizou-se o levantamento de informações sobre a quantidade e os tipos de resíduos eletrônicos gerados e seu destino final;
- Identificação de Pontos Críticos: foram analisados os principais problemas e desafios relacionados à gestão desses resíduos no Campus Morro do Cruzeiro na UFOP;
- Avaliação de Práticas Atuais: realizada a análise das práticas de descarte e armazenamento de equipamentos eletrônicos na universidade.

A segunda etapa da pesquisa foi fazer a avaliação do cumprimento das normas e regulamentações ambientais que são:

- Levantamentos da Legislação: identificou-se se as leis e normas aplicáveis à gestão de resíduos eletrônicos;
- Comparação com as Práticas Atuais da Universidade : verificou-se se as práticas adotadas no Campus Morro do Cruzeiro da UFOP estão em conformidade com a legislação;
- Identificação de Lacunas : identificou-se pontos em que a universidade pode melhorar o cumprimento da legislação.

A ultima etapa da pesquisa foi a sugestão de práticas mais sustentáveis para o manejo de equipamentos eletrônicos, que são:

- Elaboração de um Plano de Ação : definiu-se ações para melhorar a gestão de resíduos eletrônicos;
- Implementação de Práticas Sustentáveis: sugestão de práticas como coleta seletiva, reutilização, reciclagem.

A metodologia baseada em um levantamento teórico por meio de pesquisa bibliográfica em plataformas como o Portal Scielo, Google Acadêmico e em Repositórios digital de Instituições Acadêmicas. Esse processo possibilitou a identificação e análise de livros, artigos cientificos e revistas especializadas.

As palavras-chave utilizadas na pesquisa foram: “Resíduos Eletroeletrônicos (REEE)”, “Gestão de Resíduos”, “Legislações de REEE”, “Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)”, “Reciclagem”. Essas palavras-chave foram escolhidas com o objetivo de reunir informações relevamtes para embasar a proposta de análise,

garantindo a compreensão dos aspectos técnicos, legais, e ambientais associados a gestão de resíduos eletroeletrônicos.

4.1 LOCAL DE ESTUDO

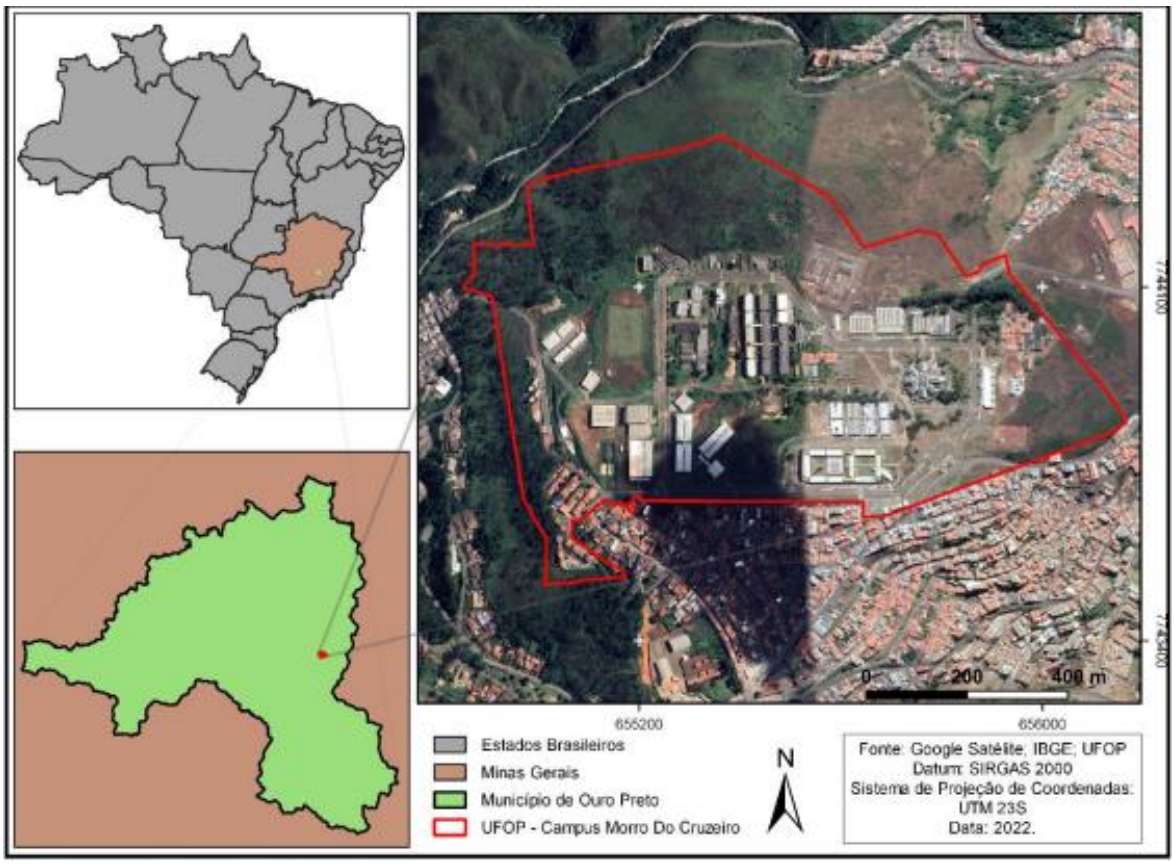
A Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) é uma instituição pública de ensino superior, fundada em 1969, e localizada na histórica cidade de Ouro Preto, no estado de Minas Gerais, Brasil (Figura 7). Além do campus Morro do Cruzeiro que fica situado na em Ouro Preto, a UFOP conta com mais dois campi: o Instituto de Ciências Sociais Aplicadas (ICSA) e o Instituto de Ciências Humanas e Sociais (ICHS), ambos na cidade de Mariana, e o Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas (ICEA), localizado em João Monlevade.

A UFOP é reconhecida por sua qualidade acadêmica oferecendo cursos de graduação e pós-graduação, destacando-se nas áreas de Engenharia, Ciências Exatas, Humanas.

A área de estudo desde trabalho fica localizada no campus do Morro do Cruzeiro, uma das principais unidades da universidade. Desenvolvida para integrar ensino, pesquisa e extensão, o campus inclui laboratórios, bibliotecas, salas de aulas, restaurantes, lanchonetes, um posto de saúde, repúblicas, alojamentos e áreas de convivências.

Atualmente, a UFOP conta com uma comunidade acadêmica composta por mais de 10.955 alunos distribuídos entre todas as suas unidades. No entanto o campus Morro do Cruzeiro concentra a maior parte do corpo discente, de tecnicos administrativos e professores, sendo efetivos e substitutos (UFOP, 2025).

Figura 7: Localização do Campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto.



Fonte: SILVA, 2022.

4.2 COLETA DE DADOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DESCARTADOS

Através de uma visita técnica guiada pelos responsáveis pelos departamentos da Escola de Minas, ICEB e Bloco de Sala, foi realizado um levantamento da gestão dos resíduos eletroeletrônicos. Durante essa visita, foram enfatizados aspectos cruciais, incluindo a recepção dos resíduos pela instituição, o controle efetivo desses materiais, dando destaque para a gravimentria, utilizada para quantificar a quantidade de resíduos gerados, o volume de materias e a identificar os tipos de equipamentos descartados.

Essa abordagem permitiu identificar oportunidades de melhoria nos processos de gestão, visando otimizar a coleta, o tratamento e a destinação final dos resíduos eletroeletrônicos, contribuindo para a construção de uma universidade mais sustentável.

4.3 AVALIAÇÃO DE CUMPRIMENTO DE NORMAS LEGAIS

Esta etapa consistiu em comparar a atuação da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) no gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos com as regulamentações ambientais vigentes, em âmbito federal, estadual e municipal.

Para isso, foram analisadas as políticas internas da UFOP, regulamentos e procedimentos da própria universidade relacionados à gestão de resíduos, buscando identificar diretrizes específicas para o manejo de REEE.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DE DIRETRIZES SUSTENTÁVEIS PARA O MANEJO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

A identificação de diretrizes sustentáveis foi realizada por meio da análise das práticas adotadas pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) quanto ao gerenciamento de seus resíduos eletroeletrônicos (REEE). O levantamento considerou documentos institucionais, como registros patrimonial, contratos de destinação de resíduos, relatórios de sustentabilidade e normativas internas.

Também foi realizada observação in loco nos locais utilizados para o armazenamento temporário dos resíduos eletroeletrônicos da instituição, com o objetivo de mapear o fluxo de descarte, acondicionamento e encaminhamento dos materiais que não tem mais utilização. Além disso, foram conduzidas entrevistas com servidores responsáveis pela gestão de resíduos, manutenção e patrimônio, a fim de compreender os procedimentos adotados, os desafios enfrentados e as oportunidades de melhoria.

A análise das informações coletadas foi fundamentada para fomentar as

diretrizes traçadas, observando a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), os princípios da logística reversa, e as recomendações de boas práticas para a gestão sustentável de resíduos em instituições públicas. A partir dessa avaliação, foram identificadas propostas de diretrizes voltadas à minimização dos impactos ambientais, à promoção da economia circular e à conformidade com a legislação ambiental vigente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA

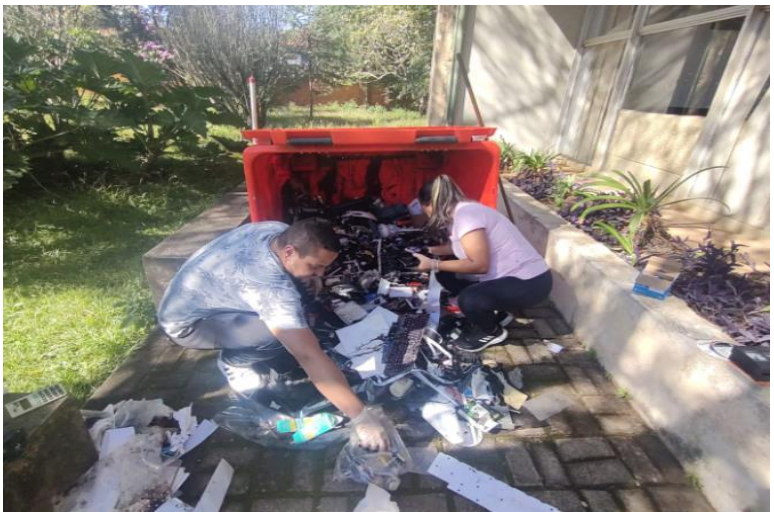
A caracterização gravimétrica dos resíduos eletroeletrônicos (REEE) foi realizada a partir dos materiais descartados em três pontos de coleta distintos no Campus Morros do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), localizados na Escola de Minas, no Bloco de Salas e no Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB). Os locais de coleta de dados foram os pontos de entrega voluntária (PEV) do projeto Eletrocoleta, mantido pelo PET Ambiental, neste campus.

Para a determinação da massa dos resíduos, os REEE presentes em cada contêiner de 1000L foram separados e pesados por categorias para determinar sua massa total. Como demostra as FIGURAS 08, 09 e 10 durante as análises, foi realizado registros fotográficos para documentação do estado dos materiais e das condições de armazenamento nos pontos de coleta.

Figura 8: Gravimetria na Escola de Minas.

Fonte: AUTOR, 2025.

Figura 9: Gravimetria no ICEB.



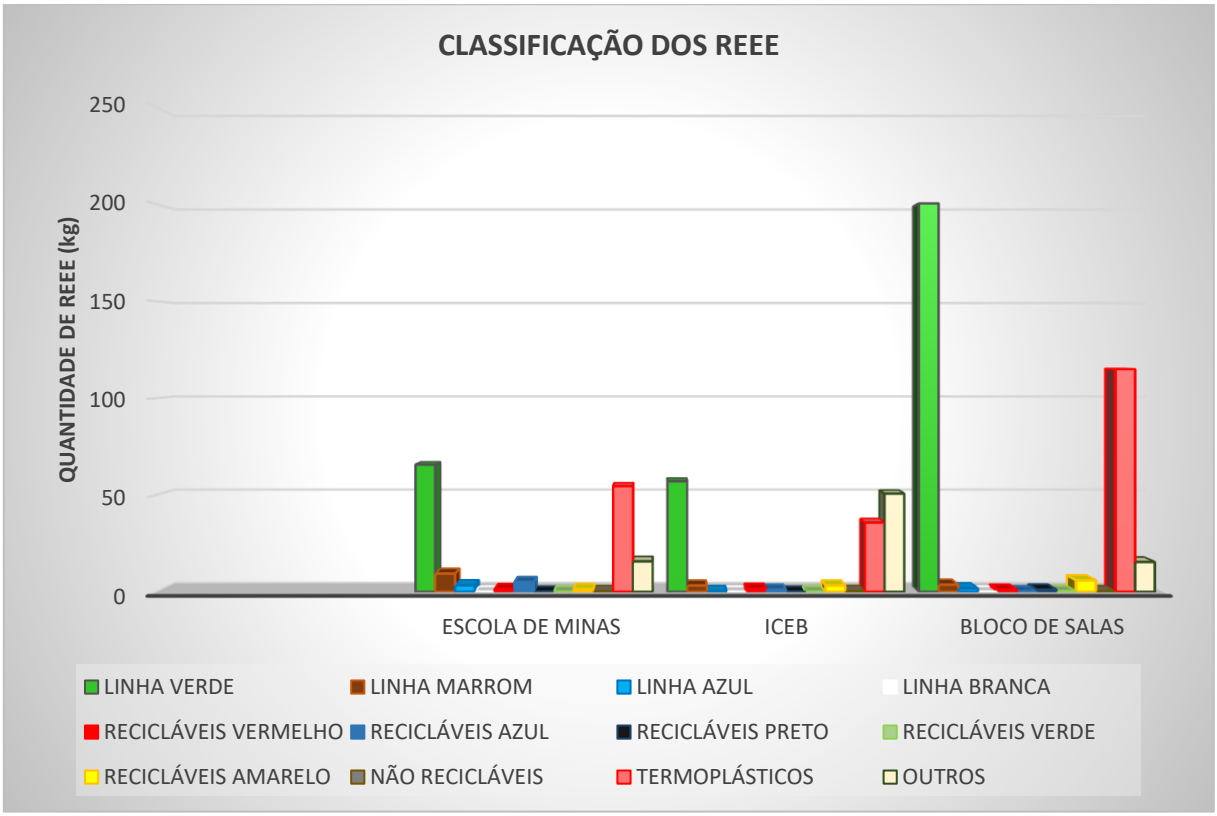
Fonte: AUTOR, 2025.

Figura 10: Gravimetria do Bloco de Salas.

Fonte: AUTOR, 2025.

Após a etapa de pesagem e categorização, os dados obtidos permitiram a consolidação de informações sobre a composição dos REEE em cada ponto de coleta. A seguir o Gráfico 3 apresenta a Classificação dos REEE, que visualiza a distribuição da massa de resíduos eletrônicos (em kg) por categorias em cada um dos três pontos.

Gráfico 3: Classificação dos REEE nos Ecopontos da Universidade.



Fonte: AUTOR, 2025.

É importante destacar que, segundo a classificação adotada para resíduos eletroeletrônicos (REEE), apenas os materiais pertencentes às Linhas Verde, Marrom, Azul e Branca são efetivamente considerados como REEE. Entretanto, durante as coletas também foram identificados outros tipos de materiais descartados nos pontos de entrega voluntária, como recicláveis pertencentes a outras categorias da coleta seletiva, como os recicláveis vermelhos (plásticos), azul (papel e papelão), preto (madeira), verde (vidro) e amarelo (metais). Embora esses resíduos sejam recicláveis, eles não se enquadram como eletroeletrônicos, portanto, devem ser

destinados corretamente aos contêineres específicos disponíveis na UFOP, devidamente identificados, conforme sua classificação. O descarte inadequado junto aos REEE compromete a eficiência da triagem, pode causar contaminações cruzadas e dificulta o reaproveitamento adequado dos materiais, evidenciando falhas na segregação e descarte por parte de alguns usuários.

Outro aspecto relevante observado foi a grande quantidade de termoplásticos, que correspondem às carcaças plásticas e componentes de polímeros dos equipamentos eletroeletrônicos. Isso ocorre porque muitas pessoas vão até o local de coleta, retiram as partes eletrônicas internas que possuem maior valor de reaproveitamento ou revenda, e deixam apenas a carcaça plástica descartada nos contêineres. Esse comportamento contribui para o aumento do volume de resíduos termoplásticos e evidencia a necessidade de medidas de controle e orientação sobre o correto descarte dos REEE.

Conforme evidenciado no gráfico, a análise comparativa entre a Escola de Minas, o ICEB e o Bloco de Salas revela padrões distintos na geração e classificação, sendo que o Bloco de Salas se destaca com o maior volume total de materiais coletados com 344,922 kg, superando a Escola de Minas com 156,77 kg e o ICEB com 153,112 kg. Mesmo com a presença de outros resíduos e a particularidade das carcaças plásticas, a linha verde permanece como a categoria mais representativa entre os REEE completos, indicando o perfil de descarte em ambientes de uso intensivo de tecnologia da informação. Já as demais categorias classificadas como REEE (Linha Marrom, Linha Azul e Linha Branca) aparecem em menores proporções, mas também contribuem para o volume total registrado nos três pontos de coleta.

Neste contexto, é crucial ressaltar que a caracterização dos REEE neste estudo foi realizada com base na massa (quilogramas), uma abordagem padrão que reflete o peso efetivo dos materiais descartados. Contudo, para uma compreensão mais aprofundada da natureza desses resíduos e para o planejamento logístico, a análise deve considerar a distinção entre massa e volume, grandezas que nem sempre guardam uma relação linear direta. Por exemplo, equipamentos como placas eletrônicas e componentes internos, apesar de possuírem dimensões reduzidas, podem apresentar alta densidade e, consequentemente, uma massa considerável

devido à presença de metais pesados e outros materiais densos. Em contrapartida, itens como carcaças plásticas ou equipamentos volumosos de linha branca (embora menos presentes neste estudo) podem ocupar grande volume físico, mas possuir uma massa proporcionalmente menor. Essa dissociação entre massa e volume é um fator relevante para o planejamento logístico e de armazenamento dos REEE, uma vez que a capacidade dos contêineres de 1000 L e dos veículos de transporte é limitada tanto pelo peso quanto pelo espaço ocupado, influenciando diretamente a otimização das operações de coleta e destinação.

Para aprofundar a compreensão sobre a composição dos resíduos coletados e complementar a visão geral apresentada no GRÁFICO 3, a caracterização gravimétrica detalhada por tipologia de equipamento e material em cada local de coleta é necessária. Embora a classificação em linhas (verde, marrom, azul e branca), categorias como Termoplásticos e outros ofereça uma visão inicial, a identificações específicas dos itens descartados permite compreender com maior precisão o perfil de geração de REEE e dos outros resíduos que foram descartados. As tabelas a seguir detalhou a massa (kg) de cada tipo de material encontrado na Escola de Minas, no ICEB e no Bloco de Salas, respectivamente.

A Tabela 4 apresenta as tipologias de resíduos encontradas no ponto de coleta localizada na Escola de Minas, essa primeira etapa do estudo ocorreu no dia 21 de fevereiro de 2025. Observou-se que, dentro da categoria linha verde, os itens como CD, Celular, Fones, Impressora, Mouse, Placas, Tablet, Teclado, Telefone e Toner totalizam 65,666 kg. Além disso, a presença de televisão na linha marrom demonstra a diversidade dos descartes. Vale ressaltar, também, a quantidade de Baterias, Disquete, Fios, Lâmpadas e Pilhas 15,714 kg na categoria outros, indicando que pequenos acessórios também são frequentemente descartados e também essa tendência sugere uma possível obsolescência ou descarte de dispositivos de escritório, reforçando a importância de estratégias de reutilização e reciclagem adequadas para esses tipos de resíduos.

Tabela 4: Caracterização de REEE por Tipologia - Escola de Minas.

CARACTERIZAÇÃO DOS REEE POR TIPOLOGIA - ESCOLA DE MINAS		
CLASSIFICAÇÃO	REEE - EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE (kg)
LINHA VERDE	CD, Celular, Fones, Impressora, Mause, Placas, Tablet, Teclado, Telefone e Toner	65,666
TERMOPLÁSTICOS	PVC e PAD	54,576
OUTROS	Baterias, Disquete, Fios, Lampadas e Pilhas	15,714
LINHA MARROM	Televisão	9,392
RECICLÁVEIS AZUL	Papel	5,014
LINHA AZUL	Eletrodoméstico	3,35
RECICLÁVEIS AMARELO	Metal	1,384
RECICLÁVEIS VERMELHO	Plásticos	1,382
NÃO RECICLÁVEIS	Isopor	0,292
TOTAL		156,77

Fonte: AUTOR, 2025.

Na segunda etapa do estudo, foi realizada a análise gravimétrica no Ecoponto localizado no Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB), no dia 11 de abril de 2025, conforme detalhado na Tabela 5 a composição dos resíduos segue algumas tendências. Dentro da linha verde, destacam-se itens como CD, Celular, Carregador, Controles, Cartuchos, Calculadora, Impressora, Mouse, Placas, Sensor, Teclado e Toner, totalizando 57,096 kg. No entanto, a categoria outros mostrou-se relevante, com Baterias, Cartão, Chaves, Fios, Fita de Vídeo, Lâmpadas, Pilhas e Raquete contribuindo significativamente para a massa total 50,696 kg, o que pode refletir um alto volume de pequenos componentes eletrônicos.

Tabela 5: Caracterização de REEE por Tipologia – ICEB.

CARACTERIZAÇÃO DOS REEE POR TIPOLOGIA - ICEB		
CLASSIFICAÇÃO	REE - EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE (kg)
LINHA VERDE	CD, Celular, Carregador, Controles, Cartuchos, Calculadora, Impressora, Mause, Placas, Sensor, Teclado e Toner	57,096
OUTROS	Baterias, Cartão, Chaves, Fios, Fita de Video Lampadas, Pilhas e Raquete	50,696
TERMOPLÁSTICOS	PVC e PAD	35,706
RECICLÁVEIS AMARELO	Metal	3,226
LINHA MARROM	Base de Computador, Tela de Computador e Tela Celular	3,22
RECICLÁVEIS VERMELHO	Plásticos	1,486
RECICLÁVEIS AZUL	Papel	1,08
NÃO RECICLÁVEIS	Isopor	0,358
LINHA AZUL	Eletrodoméstico	0,244
TOTAL		153,112

Fonte: AUTOR, 2025.

Cabe destacar que o ICEB possui um grande número de alunos na instituição, o que contribui significativamente para o volume elevado de resíduos eletroeletrônicos registrados neste ponto de coleta. A alta rotatividade de equipamentos, aliada à intensa atividade acadêmica e práticas em laboratórios, pode explicar a diversidade e quantidade dos materiais descartados.

Além disso, observou-se uma variedade considerável de itens e componentes eletrônicos diversos, indicando a abrangência do descarte tanto de uso pessoal quanto institucional. Esses resultados reforçam a importância de estratégias de educação ambiental, conscientização sobre o consumo responsável e correta destinação de REEE no ambiente universitário.

Na terceira e última etapa do estudo, foi realizada a análise gravimétrica no Ecoponto localizado no Bloco de Salas em 23 de abril de 2025, conforme detalhado na Tabela 6 a composição dos REEE, confirmando o grande volume já observado no gráfico principal. Na linha verde, itens como CD, Celular, Controles, Cartuchos, Fones, Impressora, Placas, Toner e Teclado são os principais contribuintes em termos de massa totalizando 200,364 kg, reforçando a natureza da geração de REEE neste ambiente. A elevada quantidade de PVC e PAD 114,952 kg na categoria

Termoplásticos, que representa as carcaças plásticas, pode indicar uma maior incidência de desmontagem de equipamentos para aproveitamento de componentes eletrônicos antes do descarte da parte estrutural.

Tabela 6: Caracterização de REEE por Tipologia - Bloco de Salas.

CARACTERIZAÇÃO DOS REEE POR TIPOLOGIA - BLOCO DE SALAS		
CLASSIFICAÇÃO	REE - EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE (kg)
LINHA VERDE	CD, Celular, Controles, Cartuchos, Fones, Impressora, Placas, Teclado e Toner	200,364
TERMOPLÁSTICOS	PVC e PAD	114,952
OUTROS	Baterias, Disquete, Fios, Lampadas, Pilhas, VAP, Vela de Carro, Relogio e Tomadas	15,398
RECICLÁVEIS AMARELO	Metal	5,922
LINHA MARROM	Base de Computador, Tela de Computador e Tela Fotográfica	3,658
LINHA AZUL	Eletrodoméstico	1,708
RECICLÁVEIS PRETO	Madeira	1,09
RECICLÁVEIS VERMELHO	Plásticos	1,036
NÃO RECICLÁVEIS	Borracha	0,3
RECICLÁVEIS VERDE	Vidro	0,292
RECICLÁVEIS AZUL	Papel	0,202
TOTAL		344,922

Fonte: AUTOR, 2025.

A grande quantidade de resíduos no Bloco de Salas também pode estar relacionada ao seu uso múltiplo e à alta rotatividade de pessoas, reunindo setores administrativos, salas de aula, usuários externos, etc. Isso evidencia a importância de manter pontos de coleta acessíveis e estratégias contínuas de sensibilização sobre o descarte responsável de REEE.

Já a grande presença de plásticos PVC e PAD também pode ser explicada pelo fato de que as pessoas frequentemente visitam os contêineres dos ecopontos de REEE e retiram os componentes eletroeletrônicos que consideram úteis, deixando para trás as partes plásticas que não têm valor imediato de reuso para eles.

Além dos REEE, as análises revelaram a presença de materiais que, embora descartados nos ecopontos, não são categorizados como REEE, como os plásticos comuns (não PVC/PAD), papéis, pilhas, vidro, madeira, isopor, lâmpadas, entre outros. A inclusão desses resíduos não eletrônicos nos contêineres reforça a necessidade de ações educativas voltadas à correta segregação e destinação dos materiais descartados.

Os dados obtidos são cruciais para compreender os padrões de descarte na instituição e devem servir como base para o planejamento de estratégias mais eficazes de gestão ambiental, com foco em reciclagem, logística reversa e destinação ambientalmente adequada dos resíduos eletrônicos e não eletrônicos.

Mas é importante ressaltar que, periodicamente, uma empresa especializada é “contratada” pela universidade para realizar a coleta e o encaminhamento adequado desses materiais, garantindo que os REEE sejam destinados conforme a legislação ambiental vigente. Investir em educação ambiental, sinalização clara nos Ecopontos e controle periódico dos descartes será essencial para garantir a sustentabilidade e o bom funcionamento desse sistema de coleta seletiva.

Além dos resíduos identificados nos ecopontos, é importante considerar também os REEE do setor patrimonial da UFOP. Para isso, o pesquisador Matheus Miranda da Silva realizou, em 2023, uma análise gravimétrica dos REEE em um setor específico do patrimônio da UFOP, como parte de sua pesquisa de mestrado (SILVA, 2024). Nesse processo, os equipamentos foram coletados, separados e pesados, possibilitando determinar a composição e o volume dos resíduos eletrônicos da instituição. Com base nos resultados obtidos, foi realizado a classificação dos resíduos, apresentada a seguir na TABELA 7.

Tabela 7: Classificação dos REEE do Patrimônio da UFOP.

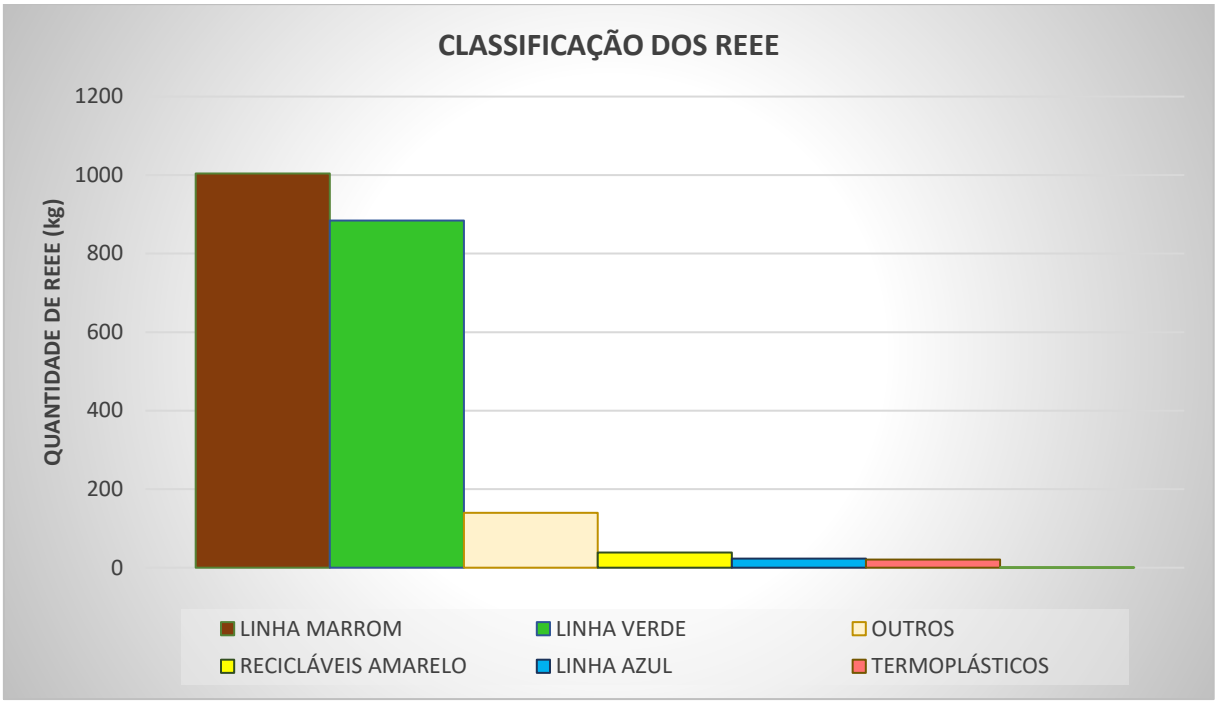
CARACTERIZAÇÃO DOS REEE POR TIPOLOGIA - PATRIMÔNIO UFOP		
CLASSIFICAÇÃO	REEE - EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE (kg)
LINHA MARROM	Monitor, CPU, Impressora, Caixa de Som e DVD.	1004,165
LINHA VERDE	Acessórios de Circuito, Baterias, Cabos, CD, CD ROM Drive, Cooler, Display, Estabilizador, Fonte, HD, Mause, Microprocessador, Nobreak, Picador de Papel, Placas, Repetidor Internet, Roteador, Servidor, Teclado, Telefone e Tonner.	883,837
OUTROS	Baterias, Bobina, Disquete e Módulo de Bateria.	139,766
RECICLÁVEIS AMARELO	Carcaças Metálicas, CPU	38,298
LINHA AZUL	Eletrodomésticos	22,952
TERMOPLÁSTICOS	PVC E PAD	20,844
RECICLÁVEIS VERDE	Vidro	0,126
TOTAL		2109,988

Fonte: AUTOR, 2025.

A tabela apresenta a caracterização dos REEE do patrimônio da UFOP, classificados segundo suas linha e categorias tipológicas com a respectiva quantidade em quilogramas. O peso total de todos os REEE caracterizados é de 2109,988 kg, com destaque para a Linha Marrom 1.004,165 kg e a Linha Verde 883,837 kg, que juntas representam cerca de 89,5% do total.

Para facilitar a compreensão e tornar os dados mais visuais, foi elaborado o GRÁFICO 4, que ilustra a distribuição quantitativa dos resíduos por categoria.

Gráfico 4: Distribuição quantitativa dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) do patrimônio da UFOP.



Fonte: AUTOR, 2025.

Observa-se que as Linhas Marrom e Verde concentram a maior parte do peso total, enquanto as demais categorias como “Outros”, “Recicláveis Amarelo”, “Linha Azul”, “Termoplásticos” e “Recicláveis Verde” apresentam valores significativamente menores. Essa representação gráfica reforça a predominância dos equipamentos de informática, áudio, vídeo e seus componentes no conjunto dos resíduos gerados pela instituição.

Para entender melhor esse processo, foi realizada uma entrevista por meio de formulário com o Coordenador de Materiais e Patrimônio, Wanderley Ferreira Guimarães, que explicou como é feita a gestão desses REEE na instituição.

Segundo o coordenador, o setor de Materiais e Patrimônio, vinculado à Pró-reitora de Finanças (PROF) e atuando em conjunta com a Pró-reitora de Planejamento e Administração (PROPLAD), são responsáveis por receber as demandas de descarte de REEE das unidades da UFOP e verificar a documentação necessária. Em seguida, os processos são encaminhados à Comissão de Desfazimento, que avalia e delibera quanto à destinação final dos materiais.

Embora tenha normas e regulamentos internos alinhados à Lei nº 12.305/2010,

que estabelece princípios de logística reversa e destinação ambientalmente adequada, e com o Decreto nº 9.373/2018, que rege a gestão de bens móveis nas instituições públicas federais, ainda existem fragilidades no processo. Entre elas estão a ausência de inventário atualizado, a inexistência de separação por tipo de resíduo e a falta de locais adequados e sinalizados em todas as unidades para armazenamento temporário.

Quanto à destinação, os REEE inservíveis têm como prática predominante a doação, realizada mediante solicitação via ofício à Comissão de Desfazimento, que toma as providências necessárias para viabilizar o encaminhamento dos equipamentos. Todo o processo de descarte é formalizado por meio de registro no Sistema Eletrônico de Informações (SEI), o qual é encaminhado à Coordenadoria de Materiais e Patrimônio (CMAP) e à Comissão de Desfazimento, responsáveis pela análise e decisão final quanto ao destino dos bens, sendo que a periodicidade desse fluxo varia conforme a demanda de cada unidade.

5.2 ANÁLISE DE CONFORMIDADE DE GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

A análise de conformidade teve como base as principais legislações ambientais aplicáveis à gestão de resíduos sólidos no Brasil, com foco específico em REEE. Em nível federal, temos a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS Lei nº 12.305/2010, que estabelece princípios, objetivos e instrumentos para a gestão integrada de resíduos, incluindo a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa para REEE. O Decreto nº 10.240/2020 regulamenta especificamente a logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

No âmbito estadual, a Política Estadual de Resíduos Sólidos de Minas Gerais Lei nº 18.031/2009 foi considerada, complementada pela Deliberação Normativa Copam Nº 249/2024 que define as diretrizes para implementação, operacionalização e monitoramento dos sistemas de logística reversa no estado de Minas Gerais, em seu

capitulo I art. 1°- estabelece:

> Diretrizes e obrigações mínimas para estruturação, implementação, operacionalização, aprimoramento, monitoramento e divulgação dos Sistemas de Logística Reversa (SLRs) – de produtos e embalagens pós-consumo colocados no mercado mineiro pelos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:
>
> I – Produtos eletroeletrônicos de uso doméstico, seus componentes e suas embalagens;
>
> II – Pilhas e baterias portáteis;
>
> III – Baterias chumbo-ácido automotivas, industriais e de motocicletas;
>
> IV – Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio, de vapor de mercúrio e de luz mista;
>
> V – Embalagens de óleos lubrificantes;
>
> VI – Embalagens em geral de plástico, papel, papelão, metais e vidro;
>
> VII – Medicamentos domiciliares de uso humano, vencidos ou em desuso, e suas embalagens;
>
> VIII – Pneus inservíveis (MINAS GERAIS, 2024).

Em nível municipal, a cidade de Ouro Preto - MG, embora não possua uma legislação tão específica e detalhada para a gestão de REEE, demonstrou iniciativa por meio da implantação do Ecoponto Municipal. O Ecoponto ampliou suas atividades a partir de 2018 para incluir a recepção de outros tipos de materiais, incluindo materiais eletroeletrônicos. A cidade opera com um ponto de entrega voluntária, que fica localizado na Rua Jorge Caram, nº 40, Bairro Nossa Senhora do Carmo - Pocinho. Ele visa auxiliar na destinação para a logística reversa, seguindo os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010) (OURO PRETO, 2025).

A gestão de bens patrimoniais, destaca que os projetos e ações geralmente se concentram em bens externos, como doações da comunidade acadêmica ou externa. Bens destinados ao desfazimento ficam armazenados por longos períodos, dificultando sua reutilização. Algumas instituições utilizam sistemas de gestão para controlar esses bens, do recebimento ao desfazimento, mas não detalham

claramente a destinação final dos resíduos, mencionando apenas que esta foi feita corretamente. Outras instituições utilizam planilhas eletrônicas, cujas informações são frequentemente imprecisas devido à falta de atualização e monitoramento adequado (NASCIMENTO ET AL, 2023).

É nesse contexto que a TABELA 8 a seguir estabelece pontos de referência essencial, apresentando panorama das instituições que dispõem simultaneamente de projetos voltados à reciclagem de eletroeletrônicos e de mecanismos para o controle e gerenciamento de seus bens, permitindo avaliar o grau de comprometimento e a integração dessas práticas na gestão institucional.

Tabela 8: Instituições que dispõe de projeto de reciclagem de eletroeletrônicos e sistema de gestão patrimonial.

INSTITUIÇÃO	PROJETO	ANO DE CRIAÇÃO DO PROJETO	IMPACTO DO PROJETO	SISTEMA DE GESTÃO PATRIMONIAL
UNICAMP	Reciclar/Reutilizar computadores inservíveis ou obsoletos	2008	16.000 computadores renovados a uma taxa de 6% ao ano.	SIAD
USP	Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática (CEDIR)	2009	Encaminhamento dos equipamentos para as empresas parceiras de reciclagem.	Sistema de Patrimônio próprio
UFMG	Coleta de resíduo eletroeletrônico	2013	Destino correto de todo o resíduo que é gerado em suas atividades de pesquisa, ensino e extensão.	SICPAT

UFG	Ausência de metas no PLS ligadas a licitações sustentáveis e gestão de resíduos eletrônicos	Não encontrado	Não encontrado	SIPAC
UFPE	Projeto UFPE coopera	Não informado	Visa inserir na Universidade ações de sustentabilidade com o envolvimento da comunidade.	SIPAC
FACAPE	Projeto de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos	2010	Os equipamentos consertados seguem para doações e os que não são possíveis são destinados ao descarte correto.	Planilha Eletrônica
UNIVASF	Centro de recondicionamento de computadores	2017	Os computadores recondicionados são fornecidos para projetos de extensão e aqueles que não podem ser recuperados são descartados de forma correta.	SGS

Fonte: NASCIMENTO ET AL, 2021.

Diferentemente das instituições detalhadas na tabela, que demonstram iniciativas e estruturas para a gestão de REEE, a UFOP se encontra em uma etapa mais incial desse processo. Embora a universidade já conte com pontos de coleta para REEE, ainda á lacunas significativas. Atualmente, a UFOP não possui contratos

formais com empresas licenciadas nem parcerias institucionais estabelecidas para a destinação final ambientalmente adequada desses resíduos.

Essa situação demonstra um esforço inicial da UFOP na segregação e armazenamento de REEE, o que é um passo importante. No entanto, fica evidente a ausência de uma gestão integrada desses materiais, sendo necessário avançar na formalização de processos e parcerias para garantir o descarte correto e sustentável dos resíduos eletrônicos gerados na instituição.

A ausência de um sistema eficiente que envolva coleta, destinação ambientalmente correto e conformidade legal, compromete tanto a eficácia ambiental quanto o atendimento às normativas vigentes. Assim, a UFOP ocupa uma posição intermediária, avança ao implantar a coleta seletiva, mas permanece distante das práticas consolidadas observadas em outras instituições.

A gestão de Resíduos de Equipamentos Eletrôeletronicos (REEE) nas instituições como UNICAMP, USP, UFMG, UFG, UFPE, FACAPE e UNIVASF, evidencia que, enquanto estas possuem projetos, centros específicos ou parcerias para a destinação adequada dos resíduos, seja por meio de reuso, doação ou reciclagem, a UFOP ainda não dispõe de uma estrutura consolidada para garantir a destinação final desses resíduos.

A existência de pontos de coleta, por si só, sem um fluxo definido para o encaminhamento a empresas especializadas, configura mais um espaço de acúmulo do que uma solução efetiva de gestão. Essa realidade difere das práticas adotadas por instituições como por exemplo, a UNICAMP e a USP, que detalham seus sistemas de renovação e encaminhamento para empresas parceiras de reciclagem, ou a FACAPE e a UNIVASF, que direcionam seus resíduos para doaçãos e descartes ambientalmente corretos.

O caso da UFG, que aponta a ausência de metas no PLS ligadas a licitações sustentáveis e a gestão de resíduos eletrônicos, acaba se tornando um alerta ainda mais pertinente para a UFOP, pois mesmo com pontos de coletas, a falta de contratos e do Plano de Logística Sustentável (PLS) significa que a UFOP enfrenta um desafio similar, mas com a agravante de estar acumulando resíduos sem uma saída definida.

A gestão dos REEE na UFOP apresenta diversos pontos sensíveis,

especialmente porque a universidade, embora possua pontos de coleta, ainda não tem um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) formal e de normas específicas para a destinação final desses materiais. A inexistência de um PGRS configura um descumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS – Lei nº 12.305/2010), que obriga grandes geradores a elaborar tal plano, e coloca a universidade em situação de insegurança jurídica. Além disso, o acúmulo de REEE nos pontos de coletas sem uma destinação por empresas licenciadas, pode ser interpretado como armazenamento inadequado de resíduos perigosos, intensificando os riscos de responsabilização administrativa, incluindo a aplicações de multas e sanções por parte dos órgãos fiscalizadores ambientais em Minas Gerais, que possui regulamentação específica para a logística reversa (Deliberação Normativa Copam Nº 249/2024).

Além disso, a falta de um PGRS e de normas específicas para os REEE compromete a definição de metas claras e a adoção de indicadores de desempenho na UFOP. Essa falha impede o acompanhamento efetivo dos avanços, dificulta a identificação de pontos críticos e limita a tomada de decisões embasadas em dados concretos, tornando o aprimoramento contínuo da gestão de resíduos eletrônicos um desafio ainda maior.

Outro ponto crítico é a gestão patrimonial, pois a ausência de um sistema formal que integre a baixa patrimonial dos equipamentos com sua destinação final correta cria lacunas no controle de ativos. Isso faz com que equipamentos que deveriam ser retirados do inventário permanecem parados, dificultando o controle e a prestação de contas, comprometendo a rastreabilidade dos bens inservíveis, como também impede o encaminhamento adequado desses itens para reuso, reciclagem ou descarte ambientalmente correto. Em consequência, o resultado é o acúmulo dos equipamentos obsoletos em salas e depósitos, sem qualquer controle sobre riscos associados ao armazenamento prolongado dos resíduos perigosos, como computadores, baterias, placas e componentes com metais pesados. Esse cenário além de prejudicar a otimização dos espaços físicos e o uso eficiente dos recursos institucionais, pode implicar em responsabilidades administrativas diante de fiscalizações externas.

5.3 DIRETRIZES PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DE REEE NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Considerando as lacunas identificadas na gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) na UFOP, bem como as exigências impostas pela legislação ambiental brasileira, torna-se importante a adoção de diretrizes estratégicas para que a instituição alcance a conformidade legal e promova uma gestão ambientalmente correta. Embora a UFOP disponha de pontos de coleta, a ausência de destinação final adequada impõe a necessidade de um plano de ação imediato.

O primeiro passo fundamental a UFOP deve iniciar um processo de licitação ou dispensa para contratar uma empresa especializada e licenciada para a coleta, transporte e destinação final ambientalmente adequada tanto dos REEE já acumulados nos pontos de coleta quanto dos que vierem a ser gerados. É imperativo que essa empresa possua todas as licenças ambientais pertinentes para operar em Minas Gerais e com REEE, garantindo a conformidade com as regulamentações estaduais e federais. Este contrato é, de fato, o elo fundamental que falta para transformar os pontos de coleta em uma parte funcional e legal da cadeia de logística reversa, cumprindo a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o Decreto nº 10.240/2020.

A elaboração e implementação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) também se faz necessário, com foco no REEE é uma medida de máxima urgência. Este PGRS deve detalhar o fluxo completo dos REEE, desde a geração, passando pela coleta (incluindo os pontos já existente), armazenamento temporário, transporte e a destinação final via contrato com a empresa especializada. O plano deve ainda, incluir um inventário dos REEE acumulados e uma projeção das gerações futuras, fornecendo dados essenciais para o planejamento e execução e atendendo diretamente às exigências da PNRS para grandes geradores.

A criação e formalização de normas e procedimentos internos específicos para REEE são etapas fundamentais para institucionalizar a gestão. Isso inclui

estabelecer rotinas claras para o funcionamento dos pontos de coleta, mecanismos de comunicação com a empresa contratada e a definição precisa das atribuições de setores chave como Tecnologia da Informação (TI) e Patrimônio. Essa divisão de responsabilidades é essencial para garantir eficiência, rastreabilidade e transparência em todas as etapas da gestão dos resíduos eletrônicos.

Além disso, é fundamental elaborar o Plano de Logística Sustentável (PLS), definir metas e a revisão dos processos de baixa patrimonial. A UFOP precisa assegurar que seu PLS contemple metas explícitas para a destinação de REEE, vinculadas aos contratos de descarte estabelecidos, alinhando o planejamento estratégico da instituição com as diretrizes ambientais. Da mesma forma, o processo de baixa patrimonial de equipamentos eletrônicos deve ser revisado, de forma que a baixa de equipamentos só ocorra após a comprovação da destinação ambientalmente adequada, com apresentação de documentos fornecidos pela empresa contratada. Isso assegura a rastreabilidade e a integridade do processo, prevenindo passivos ambientais e administrativos.

Agora para além das questões estruturais e operacionais da gestão de REEE, é fundamental e estratégico investir na capacitação e conscientização contínua da comunidade acadêmica. Servidores diretamente envolvidos na gestão patrimonial e na operação dos pontos de coleta precisam ser treinados quanto aos novos fluxos, procedimentos e exigências legais da Política Nacional de Resíduos Sólidos e seus regulamentos. Além disso, os alunos, professores, técnicos e a comunidade Ouro Pretana devem ser sensibilizados sobre a importância e os métodos corretos de descarte dos resíduos eletrônicos. A presença de resíduos incompatíveis, como papel, plástico e outros resíduos não eletrônicos encontrados nos contêineres específicos para REEE é um indicador claro de necessidade de campanhas educativas eficazes, sinalização adequada e ações permanentes de comunicação institucional. Tais iniciativas são fundamentais para orientar corretamente o uso dos pontos de coleta, evitar a contaminações cruzadas, melhorar a segregação dos resíduos na origem e, consequentemente, garantir a efetividade do sistema de logística reversa.

Para atingir a conformidade legal, a UFOP precisa aderir ao conceito de logística reversa, que são os procedimentos para a coleta e o retorno de resíduos ao setor produtivo para reaproveitamento ou descarte adequado. Ao mesmo tempo, a universidade deve abraçar a responsabilidade compartilhada, prevista na PNRS, que

distribui a responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos entre fabricantes, importadores, comerciantes, distribuidores, consumidores e o poder público.

Para atingir a conformidade legal e promover uma gestão ambientalmente correta, a UFOP pode se inspirar em ações e diretrizes já implementadas por outras instituições de ensino superior brasileiras, que vêm alcançando resultados significativos na gestão sustentável de resíduos eletrônicos e podem servir como referência para a realidade da UFOP.

As faculdades FACAPE e UNIVASF, recebem doações de equipamentos, que são avaliados, consertados e posteriormente doados a pessoas de baixa renda ou instituições sociais, como a APAE. Já os itens que não apresentam possibilidade de reparo são encaminhados para o descarte ambientalmente adequado (UNIVASF, 2017; GLOBO, 2021).

A UFMG, por sua vez, estabeleceu parcerias com empresas especializadas na coleta, tratamento e destinação dos REEE, demonstrando o reconhecimento de seu papel socioambiental e reforçando a importância de assegurar o descarte correto de todos os equipamentos gerados (UFMG, 2017).

A UFPE desenvolveu o projeto “UFPE Coopera” e aprovou um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), com foco na redução da geração, no reuso, na reciclagem e na destinação final ambientalmente adequada. Esse plano é integrado ao Plano de Logística Sustentável (PLS), em conformidade com os princípios e diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (UFPE, 2021).

Na UFRGS, é possível realizar a redistribuição de bens que não estão em uso podendo ser reaproveitados por usuários. Esses itens permanecem disponíveis no DEPATRI, e quem tiver interesse deve marcar um horário para selecionar os bens desejados. Em seguida, o DEPATRI é responsável por fazer a transferência. (UFRGS, 2019).

Essas propostas indicam caminhos estratégicos para que a UFOP avance na gestão de REEE. Entre as ações recomendadas estão a contratação de empresas especializadas e devidamente licenciadas para realizar a coleta, transporte e destinação final dos resíduos eletroeletrônicos, em conformidade com a legislação

vigente. É importante também a elaboração de um PGRS específico para resíduos eletrônicos e a implementação de sistemas informatizados para um controle patrimonial mais eficiente.

6 CONCLUSÃO

A análise da gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) na UFOP revelou que, embora algumas práticas já estejam em andamento, muitas ações ainda não atendem integralmente às exigências da legislação ambiental vigente, evidenciando a necessidade de aprimoramento na conformidade com a política de gestão de REEE. O diagnóstico realizado permitiu identificar desafios que limitam a eficiência dos processos atuais, como a destinação final dos resíduos e a ausência de uma logística reversa estruturada.

Quanto ao objetivo de diagnosticar a gestão de REEE, constatou a falta de procedimentos para coleta e armazenamento, bem como a baixa conscientização da comunidade acadêmica sobre a importância da gestão responsável. Essas limitações dificultam a adoção de uma gestão sustentável, reforçando a necessidade de diretrizes definidas e ações educativas que promovam práticas responsáveis.

No que se refere à elaboração de estratégias para o planejamento de um sistema de gestão de REEE, verificou que a UFOP tem capacidade para implementar um modelo de logística reversa eficaz, integrando atores internos e externos ao ciclo de vida dos equipamentos. Um plano de gestão integrado deve contemplar ações de conscientização e capacitação, pontos de coleta sistematizados e a destinação adequada de materiais perigosos e recicláveis, alinhando às exigências legais e às boas práticas ambientais.

A implementação desse plano de gestão contribuirá diretamente para a redução do impacto ambiental da universidade, assegurando a destinação correta e a reutilização de componentes eletrônicos. Assim, o trabalho reforça a importância de ações contínuas e estruturadas na UFOP, reafirmando o compromisso com a sustentabilidade, a legislação vigente e a responsabilidade social.

Para a continuidade deste trabalho, recomenda-se a efetiva implementação do plano de gestão de REEE, acompanhada de ações que assegurem sua eficácia. Entre elas, destacam-se a promoção de campanhas de conscientização voltadas à comunidade acadêmica, o fortalecimento de parcerias com empresas especializadas e órgãos ambientais, e a integração de práticas de economia circular no cotidiano

institucional. Essas medidas são essenciais para garantir a sustentabilidade e a eficiência do sistema a longo prazo.

7 BIBLIOGRAFIA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16156:2013. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para a atividade de manufatura reversa. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas Classificação NBR 10004: Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2024.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos: análise de viabilidade técnica e econômica. Brasília, DF: ABDI, 2013. Disponível em: https://www.gov.br/mdic/pt-br/arquivos/dwnla_1416934886.pdf. Acesso em: 18 mai. 2025.

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos: análise de viabilidade técnica e econômica. Brasília: Arquivos do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, nov. 2012.

ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry. FAQ. Disponível em: http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html e http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html. Acesso em: 03 mai. 2025.

BALDÉ, C. P.; FORTI, V.; GRAY, V.; KUEHR, R.; STEGMANN, P. The Global E-waste Monitor 2017: Quantities, Flows, and Resources. Tokyo: International Telecommunication Union – ITU; United Nations University, 2017. ISBN 978-92-808-9054-9.

BISCAINO, Juliano Nemitz; MARCEL, Lume. A problemática do descarte de resíduo eletrônico no setor público gaúcho. Porto Alegre, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Decreto nº 9.373, de 11 de maio de 2018. Dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequadas de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 maio 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9373.htm. Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 fev. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10240.htm. Acesso em: 18 abr. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 18 abr. 2025.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 401, de 4 de novembro de 2008. Estabelece limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 nov. 2008. Seção 1, p. 108-109.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Linha do Tempo. Brasília, DF, 2018. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/linha-do-tempo.html. Acesso em: 18 abr. 2025.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº 257, de 30 de junho de 1999. Dispõe sobre a destinação final de pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus

compostos, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 ago. 1999. Seção 1, p. 7.

CAMARGO, Gislaine; MARTINS, Luiz Antônio; COSTA, Lucas R. O. M. da. Diagnóstico da gestão de resíduos eletroeletrônicos em instituições federais de ensino superior. Revista Tecnologia em Resíduos, v. 1, n. 2, p. 1-13, 2017. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/15051/9380. Acesso em: 18 mai. 2025.

CARVALHO, C. M. B. de; XAVIER, L. H. Gestão de resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

EUROPEAN TOPIC CENTRE. Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). [S. l.]: European Environment Agency, [2005]. Disponível em: http://waste.eionet.europa.eu/waste/6. Acesso em: 18 abr. 2025.

FERREIRA, C.F. et al. Análise do processo de destinação dos resíduos eletroeletrônicos de informática nas IES públicas do município de Sobral-CE. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO AMBIENTAL E MEIO AMBIENTE, 20., 2018, São Paulo. Anais... São Paulo: ENGEMA, 2018.

FORTI, V. et al. The Global E-Waste Monitor 2020: quantities, flows and circular economy potential. Bonn; Geneva; Vienna: United Nation University; Information Telecommunication Union; International Solid Waste Association, 2020. 119 p.

Forti V. et al. The Global E-waste Monitor 2020: quantities, flows and the circular economy potential. Bonn; Geneva; Rotterdam: United Nations University; United Nations Institute for Training and Research; International Telecommunication Union; International Solid Waste Association, 2020. 118 p. Disponível em: https://ewastemonitor.info/wpcontent/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf . Acesso em: 20 abr. 2025.

FRANCO, R. G. F. Protocolo de Referência para Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos Domésticos para o Município de Belo Horizonte. 2008. 145 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

GLOBO. Projeto recebe equipamentos eletrônicos para restaurar e doar a instituições sociais de Petrolina. G1 Petrolina e Região, Petrolina, 26 abr. 2021. Disponível em: https://g1.globo.com/pe/petrolina-regiao/noticia/2021/04/26/projeto-recebe-equipamentos-eletronicos-para-restaurar-e-doar-a-instituicoes-sociais-de-petrolina.ghtml. Acesso em: 18 abr. 2025.

GREEN ELETRON. Quais países produzem mais lixo eletrônico no mundo? Veja como está o Brasil neste ranking. Green Eletron, São Paulo, 16 jul. 2021. Blog. Disponível em: https://greeneletron.org.br/blog/quais-paises-produzem-mais-lixo-eletronico-no-mundo-veja-como-esta-o-brasil-neste-ranking/. Acesso em: 20 abr. 2025.

HEACOCK, M. et al. E-waste and harm to vulnerable populations: A growing global problem. Environmental Health Perspectives, v. 124, n. 5, p. 550-555, maio 2016.

JESUS, Roger Trancozo de; YAMANE, Luciana Harue; SIMAN, Renato Ribeiro. Gerenciamento de resíduos eletrônicos de tecnologia da informação de origem governamental. Ponta Grossa, PR: Atena, 2023. Disponível em: https://atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/gerenciamento-de-residuos-eletronicos-de-tecnologia-da-informacao-de-origem-governamental. Acesso em: 22 abr. 2024.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009: institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa, 2009. Disponível em: https://www.pesquisalegislativa.mg.gov.br/LegislacaoCompleta.aspx?cod=208902&marc=. Acesso em: 02 jul. 2025.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Decisão Normativa COPAM nº 249, de 5 de fevereiro de 2024. Estabelece critérios para implementação e operacionalização da logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus resíduos no Estado de Minas Gerais. Diário do Executivo, Belo Horizonte, MG, 07 fev. 2024. Disponível em: https://www.jornalminasgerais.mg.gov.br/. Acesso em: 28 jul. 2025.

Natume, R. Y. e Sant´Anna, F. S. P. Resíduos Eletroeletrônicos: Um Desafio Para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos. 3rd International Workshop | Advances in Cleaner Production. 06 de jun. de 2025.

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

OURO PRETO (MG). Ecoponto Municipal de Ouro Preto – Ponto de Entrega Voluntária de resíduos recicláveis. Ouro Preto: Prefeitura Municipal de Ouro Preto, [s.d.]. Disponível em: https://sti.ouropreto.mg.gov.br/meioambiente/ecoponto. Acesso em: 2 jul. 2025.

PONTE, Francisco Rômulo Queiroz. Estratégias políticas de desfazimento de resíduos eletroeletrônicos na Universidade Federal do Ceará. 2017. 141 f. Dissertação (Mestrado em Administração e Controladoria) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/29446/1/2017_dis_frqponte.pdf. Acesso em: 26 mai. 2025.

SANTOS, Lucas Mota França dos et al. Práticas de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos em universidades. In: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, III – 834 – Práticas de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos em universidades. Recife: ABES, [entre 2023 e 2024, conforme a data de publicação — verificada como "1.2 years ago"]. p. 1–7. Disponível em: URL. Acesso em: 18 mai. 2025.

SCABIN, Denise. O que podemos fazer no nosso dia a dia para proteger os recursos naturais e reduzir o volume de lixo?. Portal de Educação Ambiental. São Paulo, 25 mar. 2024. Blog. Disponível em: https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/2024/03/o-que-podemos-fazer-no-nosso-dia-a-dia-para-proteger-os-recursos-naturais-e-reduzir-o-volume-de-lixo/. Acesso em: 18 mai. 2025.

SILVA, Matheus Miranda da; PEREIRA, Ana Bárbara de Albuquerque Darowish; MACHADO, Marina de Medeiros; et al. *Ecopontos de materiais recicláveis: da UFOP para a …* In: 7º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade (ConReSol), 2024. Disponível em: https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2024/III-022.pdf. Acesso em: 18 mai. 2025.

UNIÃO EUROPEIA. CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA; PARLAMENTO EUROPEU. Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2012 relativa à eficiência energética, que altera as Diretivas 2009/125/CE e 2010/30/UE e revoga as Diretivas 2004/8/CE e 2006/32/CE. Jornal Oficial da União Europeia, L 315, p. 1-56, 14 nov. 2012. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32012L0027. Acesso em: 18 mai. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO. Centro de Recondicionamento de Computadores (CRC) da Univasf promove inclusão digital para comunidades rurais da região. Petrolina. Disponível em: https://portais.univasf.edu.br/noticias/centro-de-recondicionamento-de-computadores-da-univasf-promove-inclusao-digital-para-comunidades-rurais-da-regiao. Acesso em: 18 mai. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO. Centro de Recondicionamento de Computadores (CRC). CRC UNIVASF. [S. l.], [2021]. Disponível em: https://crc.univasf.edu.br. Acesso em: 29 mai. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Pró-Reitoria de Planejamento e Administração. Redistribuição de Bens. Porto Alegre, 2019. Disponível em: https://www.ufrgs.br/proplan/wp-content/uploads/2017/12/modelo-passo-a-passo-REDISTRIBUI%C3%87AO-DE-BENS.pdf. Acesso em: 18 mai. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Campus Pampulha tem coleta de lixo eletrônico. UFMG, Belo Horizonte, 3 fev. 2017. Disponível em: https://ufmg.br/comunicacao/noticias/campus-pampulha-tem-coleta-de-lixo-eletronico. Acesso em: 08 jul. 2025.

UFPE. Universidade Federal de Pernambuco. Gestão de resíduos. Disponível em: https://www.ufpe.br/sinfra/catalogo-de-servicos/gestao-de-residuos. Acesso em: 08 jul. 2025.

UFPE. Universidade Federal de Pernambuco. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da UFPE é aprovado pelo Conselho Universitário. Disponível em: https://www.ufpe.br/inicio/-/asset_publisher/dlhi8nsrz4hK/content/id/3328712. Acesso em: 10 jul. 2025.

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.

WIDMER, Rolf et al. Perspectivas globais sobre o e-lixo. InterfaceHS, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 154-187, maio 2013.

ZENG, Xianlai; LI, Jinhui. Measuring the recyclability of e-waste: an innovative method and its implications. Journal of Cleaner Production, v. 131, p. 156-162, 6 jun. 2024.