



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

JULIE STEPHANIE MACHADO

LIXO ELETRÔNICO: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A LOGÍSTICA REVERSA
APLICADA A ELETROELETRÔNICOS

BELO HORIZONTE

2023

JULIE STEPHANIE MACHADO

**LIXO ELETRÔNICO: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A LOGÍSTICA REVERSA
APLICADA A ELETROELETRÔNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Materiais do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia de Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Marcello Dumont

BELO HORIZONTE

2023

JULIE STEPHANIE MACHADO

**LIXO ELETRÔNICO: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A LOGÍSTICA REVERSA
APLICADA A ELETROELETRÔNICOS**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Materiais do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Materiais.

Aprovado em: 05/07/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcello Dumont – Orientador

Prof. Dra. Aline Silva Magalhães

Prof. Dr. Paulo Renato Perdigão de Paiva

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por ser meu guia e fortaleza em todos os momentos da minha vida.

À minha mãe, Letícia, pelo amor incondicional apoio e suporte durante toda a minha formação acadêmica. Suas orações me deram forças para continuar e finalizar esta pesquisa.

À minha família e as pessoas que me apoiaram na condução desta pesquisa.

Aos amigos que fiz no CEFET-MG que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período.

Ao meu orientador, professor Dr. Marcello Dumont, por toda dedicação, direcionamento, compartilhamento de informações e auxílio durante todo o período em que este trabalho foi desenvolvido.

À professora, Dra. Aline Magalhães, pelas importantes orientações para a elaboração da escrita, apresentação e formatação deste trabalho.

RESUMO

As inovações tecnológicas, além de contribuírem para a otimização das tarefas e para a velocidade no fluxo das informações, têm cooperado para o consumo inconsciente da sociedade, gerando a alta descartabilidade de resíduos eletrônicos no ambiente. Diante desse cenário em que os produtos são descartados precocemente, surge o chamado lixo eletrônico. O lixo eletrônico, também conhecido como e-lixo, consiste em resíduos oriundos de equipamentos eletrônicos e possui em sua composição elementos nobres com alto valor agregado, como ouro, prata e paládio, que podem ser recuperados se realizada correta destinação. No entanto, também estão presentes nesses resíduos componentes que podem ser prejudiciais para a saúde dos seres humanos e do meio ambiente, caso esses produtos sejam descartados de forma incorreta. Portanto, é essencial a adoção de práticas adequadas de descarte e reciclagem do lixo eletrônico para minimizar os impactos negativos. Em um estudo realizado em 2020, verificou-se que o Brasil gerou cerca de 2,1 milhões de toneladas de lixo, aparecendo como o quinto país que mais produz e-lixo em todo o mundo. Logo, diante desse cenário o estudo sobre lixo eletrônico e sua disposição ambientalmente adequada torna-se fundamental para a sociedade. Neste trabalho, foi elaborado questionário e disponibilizado para moradores da Região Metropolitana de Belo Horizonte, visando verificar o entendimento dos consumidores sobre os componentes do lixo eletrônico e as principais legislações que normatizam o correto descarte. Nessa etapa, foram entrevistadas 398 pessoas. Além disso, foi realizada visita em 9 lojas do setor varejista objetivando a verificação do cumprimento do Decreto Federal 10.240 de 12 de fevereiro de 2020, que institui a obrigatoriedade da logística reversa de lixo eletrônico de uso doméstico. Com os resultados obtidos nesse trabalho, foi possível verificar que 64% dos entrevistados têm ciência sobre os componentes nobres que estão presentes no lixo eletrônico e que esses elementos podem ser reciclados. Foi constatado também que 88% dos consumidores têm conhecimento das substâncias tóxicas presentes nesses resíduos. Porém, a respeito das legislações que regem o correto descarte observou-se que 64% desconhecem a logística reversa de lixo eletroeletrônico. Em relação ao Decreto Federal de 2020, verificou-se que as varejistas cumprem a legislação disponibilizando os pontos de coleta para armazenamento dos resíduos eletrônicos que devem ser depositados pelos consumidores.

Palavras-chave: lixo eletrônico. logística reversa, política nacional dos resíduos sólidos. decreto federal 10.240.

ABSTRACT

Technological innovations, in addition to contributing to the optimization of tasks and speed in the flow of information, have contributed to society's unconscious consumption, generating high disposability of electronic waste in the environment. Faced with this scenario in which products are discarded early, the so-called electronic waste arises. Electronic waste, also known as e-waste, consists of waste from electronic equipment and has in its composition noble elements with high added value, such as gold, silver and palladium, which can be recovered if correctly disposed of. However, components that can be harmful to the health of humans and the environment are also present in this waste if these products are disposed of incorrectly. Therefore, it is essential to adopt appropriate practices for discarding and recycling electronic waste to minimize negative impacts. In a study carried out in 2020, it was found that Brazil generated about 2.1 million tons of garbage, appearing as the fifth country that produces the most e-waste in the world. Therefore, in view of this scenario, the study of electronic waste and its environmentally appropriate disposal becomes fundamental for society. In this work, a questionnaire was prepared and made available to residents of the Metropolitan Region of Belo Horizonte, in order to verify the understanding of consumers about the components of electronic waste and the main legislation that regulates the correct disposal. At this stage, 398 people were interviewed. In addition, a visit was made to 9 stores in the retail sector in order to verify compliance with Federal Decree 10,240 of February 12, 2020, which establishes the obligation of reverse logistics for electronic waste for domestic use. With the results obtained in this work, it was possible to verify that 64% of the interviewees are aware of the noble components that are present in electronic waste and that these elements can be recycled. It was also found that 88% of consumers are aware of the toxic substances present in this waste. However, regarding the legislation that governs the correct disposal, it was observed that 64% are unaware of the reverse logistics of electronic waste. Regarding the 2020 Federal Decree, it was found that retailers comply with the legislation by providing collection points for storing electronic waste that must be deposited by consumers.

Keywords: e-waste. reverse logistics, national solid waste policy. federal decree 10.240.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geração de resíduos eletroeletrônicos no mundo	20
Figura 2 - Países que mais geram lixo eletrônico.....	21
Figura 3- Ciclo da logística reversa aplicada a materiais eletroeletrônico	23
Figura 4 - Descrição das etapas para a realização de um estudo de caso	24
Figura 5 - Descrição das etapas de procedimento para realização de um estudo de caso	25
Figura 6 -Principais etapas da metodologia utilizada nesse estudo.....	26
Figura 7- Etapas para construção da coleta de dados	28
Figura 8 - Perfil dos entrevistados em relação à variável gênero	30
Figura 9 - Faixa etária dos entrevistados.	31
Figura 10 - Destinação dos resíduos eletrônicos pelos consumidores	32
Figura 11 - Aparelhos celulares descartados nos últimos dois anos pelos consumidores	33
Figura 12- Equipamentos eletrônicos (computadores, notebook) descartados nos últimos 2 anos pelos consumidores	34
Figura 13- Conhecimento acerca dos materiais valiosos encontrados no lixo eletrônico e a possibilidade de sua reciclagem	35
Figura 14- Conhecimento dos entrevistados sobre os materiais perigosos encontrados no lixo eletrônico	36
Figura 15 - Conhecimento dos consumidores sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos	37
Figura 16- Conhecimento dos consumidores sobre logística reversa	38
Figura 17 - Conhecimento dos entrevistados sobre o Decreto Federal 10.240	39
Figura 18 - Conhecimento sobre pontos de coleta de lixo eletrônico na região metropolitana	40
Figura 19 - Conhecimento sobre pontos de coleta de lixo eletrônico em empresas varejistas.	41
Figura 20 - Abrangência das políticas públicas pelo Governo	42
Figura 21 - Empresas varejistas visitadas em Belo Horizonte	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Categorização dos equipamentos eletroeletrônicos utilizado pelo Parlamento Europeu.....	15
Tabela 2 - Principais materiais que compõem o lixo eletrônico.....	16
Tabela 3 - Composição em peso de metais para diferentes amostras de sucata eletrônica	17
Tabela 4 - Metais pesados encontrados no e-lixo e os principais danos à saúde humana.....	18

LISTA DE ABREVIACOES

ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
As	Arsnio
Be	Berílio
Cd	Cádmio
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
DVD	Disco Digital de Vídeo
EEE	Equipamento Eletroeletrônico
FGV	Fundação Getúlio Vargas
Hg	Mercúrio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEC	Instituto Brasileiro de defesa do consumidor
IPEA	Instituto de Pesquisa Econmica Aplicada
LCD	Tela de Cristal Líquido
LED	Diodo Emissor de Luz
Mt	Milhões de toneladas
ONU	Organização das Nações Unidas
Pb	Chumbo
PC	Policarbonato
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PPM	Partes por milhão
PS	Poliestireno
REEE	Resíduo Eletroeletrônico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Equipamentos Eletroeletrônicos	14
<i>3.1.1 Resíduos de Equipamento Eletroeletrônico</i>	<i>14</i>
<i>3.1.2 Principais materiais encontrados nos resíduos eletrônicos.....</i>	<i>16</i>
3.2 Cenário da Reciclagem de lixo eletrônico no mundo	19
3.3 Lixo eletrônico e a legislação brasileira.....	21
3.4 Metodologia estudo de caso	24
4 METODOLOGIA.....	26
4.1 Planejamento e delimitação do estudo.....	26
4.2 Definição de design do estudo.....	27
4.3 Procedimento da coleta de dados	27
<i>4.3.1 Questionário enviado a moradores da Região Metropolitana de Belo Horizonte.....</i>	<i>28</i>
<i>4.3.2 Entrevista realizada com empresas do ramo varejistas em Belo Horizonte.....</i>	<i>29</i>
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Questionário enviado a moradores da Região Metropolitana de Belo Horizonte	30
<i>5.1.1 Perfil dos entrevistados e conhecimento sobre lixo eletroeletrônico</i>	<i>30</i>
<i>5.1.2 Conhecimento sobre logística reversa de materiais eletroeletrônicos</i>	<i>36</i>
5.2 Entrevista realizada em lojas varejistas de Belo Horizonte	43
5 CONCLUSÃO.....	46
7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	48
REFERÊNCIAS	49

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA COLETA DE DADOS55

1 INTRODUÇÃO

Todos os dias, diversos aparelhos e equipamentos eletroeletrônicos são descartados por se tornarem ultrapassados perante os consumidores. Essa eliminação cada vez mais precoce é gerado pela rápida obsolescência dos equipamentos devido à criação de novos produtos que são lançados com novas atualizações e tecnologias (FREIRE et al., 2012). Com isso, diante de tantas propagandas que incentivam o consumo exagerado e a troca de eletroeletrônico cada vez mais rápida surge o chamado lixo eletroeletrônico.

O lixo eletroeletrônico, também conhecido como e-lixo ou lixo tecnológico, é constituído por resíduos provenientes de quatro categorias de produtos, sendo elas: linha branca, linha marrom, linha azul e linha verde. Os componentes das categorias marrom e verde são os que apresentam maiores problemas quando são descartados de forma incorreta. Nesses grupos estão incluídos monitores, televisores, computadores, celulares e outros (RIBEIRO et al., 2017).

Os eletroeletrônicos possuem em sua formação diversos materiais, tais como polímeros, metais e compósitos. Os metais são frequentemente encontrados em computadores por serem bons condutores de eletricidade e possuírem elevada resistência. Os polímeros são utilizados devido à baixa densidade e custo (FINCO; BRASIL, 2010).

No entanto, certos elementos metálicos como chumbo, cádmio e mercúrio encontrados no lixo eletrônico podem causar danos à saúde humana. Esses metais, presentes em estruturas, conexões e circuitos integrados, quando descartados de maneira incorreta podem causar dores de cabeça, danos cerebrais e contaminação ambiental do solo e do lençol freático (FINCO; BRASIL, 2010; FREIRE et al., 2012).

Apesar de apresentar elementos perigosos, o e-lixo também contém materiais de grande interesse econômico. Metais como o ouro, prata, cobre e níquel são encontrados principalmente em placas de circuito impresso, sendo fundamental para o funcionamento dos equipamentos eletrônicos (NETO; CORREIA; SCHROEDER, 2017).

Em 2020, a Universidade das Nações Unidas divulgou um relatório que apontou o Brasil como um dos maiores produtores de resíduos do mundo, ocupando o quinto lugar no ranking global, com cerca de 2,1 milhões de toneladas, e liderando a produção na América Latina (BEL et al.; 2020).

Diante desse cenário, é necessário investigar rotas estratégicas para administrar o processo de disposição correta do lixo eletrônico, em consequência do aumento expressivo de consumo e descarte de e-lixo.

Para que isso ocorra, políticas públicas estão sendo implementadas visando o melhor gerenciamento dos resíduos. A Política Nacional dos Resíduos sólidos (PNRS) instituída pela Lei Federal nº12.305/2010 estabelece diretrizes, objetivos e instrumentos para a gestão compartilhada dos resíduos sólidos além de estabelecer obrigações ao poder público, empresas e sociedade (MARCHI, 2011).

A logística reversa, importante instrumento da PNRS prevê o reuso, reaproveitamento ou descarte correto dos resíduos. Objetiva-se com essa política pública o gerenciamento e destinação adequada dos resíduos, transporte, manejo e reciclagem dos produtos para que sejam convertidos em matéria-prima para a indústria (LEITE, 2009).

Em 2020 de acordo com o Decreto Federal 10.240, foi instituída a obrigatoriedade da logística reversa de lixo eletrônico de uso doméstico. Com essa inclusão visa-se estabelecer mecanismos para que o consumidor possa descartar esses componentes em pontos disponibilizados por comerciantes para que o setor empresarial possa destinar de forma ambientalmente correta esses resíduos (BRASIL, 2021).

Diante do exposto, foi realizado no presente trabalho, a aplicação de um questionário para a população da região metropolitana de Belo Horizonte sobre lixo eletrônico e as políticas públicas que regem o descarte desses resíduos. Também, verificou-se o cumprimento do Decreto Federal 10.240/2020 por meio de visitas em empresas do ramo varejista. O trabalho é direcionado na contribuição na melhoria do conhecimento dos consumidores sobre a logística reversa de lixo eletrônico e o descarte adequado dos resíduos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a percepção dos consumidores sobre o lixo eletroeletrônico na região metropolitana de Belo Horizonte e o cumprimento da logística reversa aplicada aos resíduos eletrônicos.

2.2 Objetivos específicos

- a) Verificar o conhecimento da população da região metropolitana de Belo Horizonte sobre o lixo eletrônico e seus componentes.
- b) Identificar a ciência dos consumidores sobre o descarte dos resíduos utilizando a logística reversa de lixo eletrônico.
- c) Identificar o conhecimento dos consumidores sobre os pontos de coleta de lixo eletrônico em Belo Horizonte e região metropolitana.
- d) Verificar o cumprimento do Decreto Federal 10.240 de 20 de fevereiro de 2020 pelas varejistas com a disponibilização de pontos de coleta de lixo eletrônico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Equipamentos Eletroeletrônicos

Equipamentos eletroeletrônicos (EEE) podem ser definidos como qualquer equipamento eletroeletrônico que dependa de uma corrente elétrica ou do campo elétrico para o funcionamento. Presente na maioria das empresas e lares, essa categoria de produtos inclui desde utensílios básicos domésticos a dispositivos de tecnologia de informação e comunicação (SILVAS, 2014).

No Brasil, esses equipamentos podem ser divididos em quatro categorias de produtos sendo classificados de acordo com as características técnicas e de utilização, são elas (PIRES, 2022):

- **Linha Verde:** acessórios de informática como: baterias, celulares, *notebook*, computadores, câmera digital e outros.
- **Linha Marrom:** televisores, dispositivos de DVD e acessório de áudio e outros, monitores LCD, plasma, LED e outros.
- **Linha Branca:** Eletrodomésticos como: geladeira, *freezer*, micro-ondas ar condicionado, fogões, etc.
- **Linha Azul:** cafeteiras, secadores de cabelo, sanduicheira, liquidificador, aspirador de pó, ferro de passar roupa e outros.

Outra divisão dos equipamentos eletroeletrônicos comumente utilizados no Brasil é a classificação de acordo com as configurações, tamanho, manuseio e aplicação, sendo categorizados como: grandes equipamentos, pequenos equipamentos e eletroportáteis, equipamentos de telefonia e informática, pilhas e baterias portáteis (ELETRON, 2021).

3.1.1 Resíduos de Equipamento Eletroeletrônico

Devido ao elevado avanço tecnológico e o consumo desenfreado nos dias atuais, os equipamentos eletroeletrônicos são substituídos com maior frequência tanto por sua baixa vida útil ou em razão do incentivo da troca por novos produtos em pouco tempo. Com tantas propagandas que estimulam o consumo exagerado, a população está a cada dia mais adepta a novos eletrônicos que compõem a linha verde, tais como: celulares, computadores, acessórios

de informática e outros que com o tempo se tornam obsoletos aos olhos do consumidor (DAMASCENO, 2015).

Devido a isso, um grande problema tem sido gerado para a humanidade: o aumento significativo do chamado lixo eletrônico, que é composto por diversos componentes eletroeletrônicos descartados pelos consumidores por não serem mais considerados úteis. Como resultado, o volume de resíduos eletrônicos tem crescido de forma acelerada nos últimos anos em todo o mundo (CABRAL et al., 2021; SOUZA, 2016).

Visando melhor separação do e-lixo a prevenção e redução dos impactos decorrentes desses resíduos, desde 2018, utiliza-se uma categorização internacional adotada pelo Parlamento Europeu presente nas diretrizes de estatísticas sobre lixo. Na tabela 1 são apresentadas as seis categorias utilizadas (EUROPEAN, 2019):

Tabela 1 - Categorização dos equipamentos eletroeletrônicos utilizado pelo Parlamento Europeu

Categoria	Definição	Exemplo
Equipamento de troca de temperatura	Equipamentos que necessitam de água/ óleo/ fluido refrigerante/ para resfriamento, aquecimento ou desumidificação.	Geladeira, freezer, ar condicionado, radiadores e outros.
Telas	Telas e monitores que forneçam imagem e informações em display eletrônico.	Telas, televisores, monitores, notebook, tablets, e-books/e-reads, etc.
Lâmpadas	Dispositivos elétricos substituíveis que produzem luz de eletricidade.	Lâmpadas fluorescentes retas/ compactas. Lâmpadas de descarga de alta intensidade. Lâmpadas retrofit LED e outras.
Equipamentos de grande porte	Produtos que possuem dimensão maior que 50cm que não se encaixam nas categorias: Equipamentos de troca de temperatura, telas e lâmpadas.	Máquinas de lavar/secar roupa, máquinas de lavar louça, fogões equipamentos de reprodução de som ou imagens, grandes máquinas de impressão/cópia, painéis fotovoltaicos, dispositivos médico e de monitoramento e outros.
Equipamento de pequeno porte	Produtos que possuem dimensão menor que 50cm que não se encaixam nas categorias: Equipamentos de troca de temperatura, telas e lâmpadas, pequenos equipamentos de TI e equipamentos de grande porte.	Aspiradores de pó, luminárias, micro-ondas, equipamentos de ventilação, torradeira, chaleiras elétricas, relógio, barbeadores elétricos, balanças, câmeras, brinquedos eletrônicos etc.
Pequenos equipamentos de TI e de telecomunicação	Equipamentos que podem ser usados para coletar, transmitir, processar, armazenar e mostrar informação.	Smartphones, GPS, calculadoras, roteadores, computadores pessoais, impressoras, telefones e outros.

O lixo eletrônico consiste em inúmeros componentes eletroeletrônicos que são descartados por não possuírem teoricamente mais utilidade ao consumidor. Com isso, o volume de resíduo eletrônico vem crescendo de modo acelerado nos últimos anos em todo o mundo (SOUZA, 2016).

Diferente dos resíduos sólidos urbanos, o lixo eletrônico possui em sua constituição componentes valiosos, porém também apresenta materiais que podem ser prejudiciais para o ser humano e o meio ambiente. O e-lixo pode conter em sua composição metais pesados como chumbo, mercúrio e cádmio que quando são expostos ao meio ambiente geram danos ao solo.

Esses elementos também podem desencadear problemas de saúde para os seres humanos quando são expostos de forma incorreta. Dessa forma, descartar produtos eletrônicos em lixo comum pode representar um grande perigo sendo extremamente importante a correta destinação desses produtos (CABRAL et al., 2021; BAKHIYI et al., 2018; CELINSKI et al. 2011).

3.1.2 Principais materiais encontrados nos resíduos eletrônicos

O lixo eletrônico possui uma mistura heterogênea de materiais em sua composição devido aos novos designs e as atualizações existentes nesses produtos. Os componentes são constituídos em metais, polímeros ou compósitos, estando na forma pura ou então misturados, o que pode dificultar a reciclagem além de colocar em risco o meio ambiente e a saúde humana se descartados de forma incorreta (BAKHIYI et al., 2018).

Na Tabela 2 são apresentados os principais materiais que compõem a sucata de equipamentos eletroeletrônicos e suas respectivas quantidades.

Tabela 2 - Principais materiais que compõem o lixo eletrônico

Material	Quantidade (%)
Polímero	15,21%
Metais	60,2%
Compósitos	4,97%
Placas de circuito impresso	1,71%

Fonte: Adaptado de ILANKOON et al., 2018.

Os materiais metálicos possuem características mecânicas que os tornam dúcteis, resistentes à fratura e relativamente rígidos, além de serem condutores térmicos e elétricos.

Essas propriedades fazem com que esses materiais sejam amplamente utilizados na fabricação de componentes de equipamentos eletroeletrônicos (FINCO; BRASIL, 2010; CALLISTER JUNIOR; RETHWISCH, 2015).

Os principais elementos metálicos que estão presentes nos resíduos dos eletroeletrônicos e sua respectiva composição estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Composição em peso de metais para diferentes amostras de sucata eletrônica

Componente do Lixo eletrônico	Peso (%)			Peso (ppm)		
	Ferro	Cobre	Alumínio	Prata	Ouro	Paládio
Sucata de placa de TV	28	10	10	280	20	10
Sucata de placa de PC	7	20	5	1000	250	250
Sucata de celular	5	13	1	1380	350	210
Sucata de aparelho de DVD	62	5	2	115	15	4
Sucata de placa de Circuito impresso	12	10	7	280	110	-
Sucata de computador	20	7	14	189	16	3

Fonte: Adaptado de CUI, 2008.

Os computadores possuem em sua composição diversos materiais metálicos, como alumínio, chumbo, cobre, ferro, estanho entre outros. Segundo FINCO e BRASIL (2010), o metal observado em maior quantidade na composição dos computadores é o ferro que compõe estruturas e encaixes. O alumínio localizado em estruturas e conexões é um dos elementos mais encontrados nas sucatas eletrônicas, especialmente nos computadores. Outro material presente no e-lixo é o chumbo identificado em circuitos integrados e baterias. O ouro e a prata são encontrados em quantidades relativamente pequena nas placas de circuito impresso e condutores elétrico (SANT'ANNA; NATUME, 2011).

Os resíduos eletroeletrônicos contêm metais pesados, tais como mercúrio, arsênio, cádmio e chumbo. Esses elementos são altamente tóxicos e representam um perigo, mesmo em concentrações reduzidas. O descarte inadequado desses resíduos pode causar um impacto ambiental significativo e representar uma preocupação para a saúde pública, já que os elementos presentes no e-lixo são potencialmente prejudiciais a qualquer forma de vida. Diante desses fatores, torna-se indispensável o estudo da reciclagem dos materiais encontrados no lixo eletrônico (ALMEIDA et al., 2015).

Na tabela 4 são identificados os principais elementos que apresentam toxicidade para os humanos e meio ambiente que estão presentes no e-lixo.

Tabela 4 - Metais pesados encontrados no e-lixo e os principais danos à saúde humana

Elemento	Danos potenciais para saúde humana	Componentes eletrônicos
Mercúrio (Hg)	Podem provocar febre calafrios, dispneia. Em altas concentrações pode prejudicar o cérebro, fígado, desenvolvimento de fetos, pode comprometer a cavidade oral além de causar tremores e alterações tecnológicas.	Placas de circuito de impressoras, transmissores, interruptores, baterias.
Arsênio (As)	Danos a pele, pulmão e até câncer linfático. Causa irritação com danos na mucosa nasal, laringe e brônquios. Alterações nos sistema cardiovascular.	Interruptores, transmissores, placas de circuito nos componentes eletrônicos.
Cádmio (Cd)	Danos ao rim, pulmão, distúrbios gastrointestinais. Afeta o sistema nervoso podendo provocar dores reumáticas e distúrbios metabólicos.	Encontrado em baterias de equipamentos eletrônicos e placas de circuito.
Chumbo (Pb)	Distúrbios no sistema nervoso, pode causar síndrome encéfalo polineurítica, redução da hemoglobina e processos bioquímicos cerebrais. Além de causar irritabilidade, cefaleia e alucinações	Celulares e computadores.
Berílio (Be)	Pode causar câncer de pulmão	Computadores e celulares.

Fonte: Adaptado de ALMEIDA et al., 2015; MAGALHÃES, 2011.

Embora a composição do lixo eletrônico apresente diversos materiais de alta toxicidade, os eletroeletrônicos também possuem elementos de alto valor agregado que, quando são recuperados, apresentam um grande interesse econômico nos dias atuais. Como exemplo, nos resíduos desse tipo de lixo são encontrados metais como ouro, prata além de materiais poliméricos como poliestireno (PS), policarbonato (PC) que são passíveis de reciclagem (NETO; CORREIA; SCHROEDER, 2017).

Além dos materiais metálicos também estão presentes materiais poliméricos que compõem em média 20% da composição da sucata de equipamentos eletroeletrônicos. Nesses equipamentos, a utilização de polímeros se torna necessário devido à resistência mecânica, boa durabilidade, baixa densidade e flexibilidade sendo facilmente conformados em formas complexas. Os materiais poliméricos podem ser utilizados para a substituição de metais, pois além de possuírem menor densidade apresentam também menor custo (NETO; CORREIA; SCHROEDER, 2017; CALLISTER JUNIOR; RETHWISCH, 2015).

Os principais componentes que possuem na sua constituição materiais poliméricos são plugues, conexões, recobrimento de fios e as carcaças de equipamentos. As carcaças de equipamentos eletroeletrônicos, teclados e mouses são compostas por um polímero que possui elevada resistência mecânica, conhecido como acrilonitrila butadieno estireno (ABS). O ABS é um copolímero que apresenta excelente tenacidade e estabilidade dimensional, além de apresentar resistência química e boa relação custo-benefício (GABRIEL, 2012; OLIVEIRA; GERBASE, 2012.)

Outro polímero utilizado nos componentes é o poliestireno (PS) que é um termoplástico de baixo custo que compõe abraçadeiras para a união de fios. O policarbonato (PC) é usado em carcaças de equipamentos, assim como o ABS. O PC apresenta alta resistência ao impacto e pode ser utilizado em regiões em que há aquecimento, devido à propriedade de resistência térmica presente nesse material (GABRIEL, 2012; OLIVEIRA; GERBASE, 2012).

Segundo Gerbase e Oliveira (2012), nos resíduos do lixo eletrônico são encontrados cerca de 15% de materiais compósitos. Os compósitos são por definição a união de dois ou mais materiais que quando são combinados produz um terceiro com novas propriedades. A união desses elementos se torna interessante devido à resistência mecânica e rigidez obtida. No e-lixo, esses materiais são encontrados nas estruturas para os componentes metálicos dos circuitos impressos (CARVALHO; HELBIG, 2019).

3.2 Cenário da Reciclagem de lixo eletrônico no mundo

A reciclagem do e-lixo é um dos temas mais importantes nos dias atuais devido ao crescimento expressivo desse tipo de resíduo. Por isso, são realizados estudos a fim de mensurar a quantidade de resíduo eletroeletrônico e compreender os efeitos e consequências da má destinação desses resíduos.

Diante disso, em 2020 foi desenvolvido o relatório denominado *The Global E-Waste Monitor*, elaborado pelo órgão da Organização das Nações Unidas (ONU) em parceria com outras entidades. Objetivou-se, com a realização do relatório, apresentar ao público geral dados estatísticos, leis e políticas públicas sobre os resíduos eletroeletrônico em todo mundo. Além disso, o documento visa auxiliar os países na compilação de dados estatísticos que são úteis para formação de políticas nacionais para enfrentar o grande desafio da destinação correta do e-lixo (BEL et al.; 2020).

Segundo estudo *The Global E-Waste Monitor* (2020), em 2019 foram gerados aproximadamente 53,7 milhões de toneladas de resíduo eletroeletrônico em todo o mundo sendo apenas 17,4% formalmente coleados e reciclados de forma correta. Em outro relatório realizado pela Universidade das Nações Unidas mostrou que em 2016 foram produzidos 44,7 milhões de toneladas de e-lixo. Estima-se que até 2030 a geração desse resíduo será de 74,7 milhões de toneladas devido ao elevado consumo de equipamentos eletroeletrônicos, conforme apresentado na figura 1 (BALDÉ et al.; 2017; BEL et al.; 2020).

Figura 1 - Geração de resíduos eletroeletrônicos no mundo



Fonte: Adaptado de BEL et al.; 2020.

Ainda de acordo com a pesquisa realizada em 2019, a Ásia gerou o maior volume de e-lixo cerca de 24,9 Mt, seguido pela América (13,1 Mt) e Europa (12 Mt), enquanto a África e a Oceania geraram 2,9 Mt e 0,7 Mt, respectivamente (BEL et al.; 2020).

Conforme apresentado na Figura 2, somente a China descartou cerca de 10,1 milhões de toneladas de resíduos seguido dos Estados Unidos (6,9 milhões de toneladas) e a Índia (3,2

milhões), sendo esses três países responsáveis pela geração de 38% do e-lixo no mundo. O Brasil aparece na quinta colocação liderando como o país na América Latina que mais produz resíduo eletrônico (BEL et al.; 2020).

Figura 2 - Países que mais geram lixo eletrônico no mundo



Fonte: GREEN ELETRON., 2020.

3.3 Lixo eletrônico e a legislação brasileira

Devido ao elevado consumo de novas tecnologias, aliado ao descarte precoce dos materiais eletrônicos, gerou-se um problema de destinação desses resíduos. A destinação inadequada desses materiais pode causar a contaminação do solo e da água devido a sua composição, além disso, se manipulados de forma inadequada, esses materiais podem causar incêndio, intoxicações, danos ao meio ambiente e a saúde da população (FINCO; BRASIL, 2010).

Perante o exposto, a normatização do gerenciamento e tratamento do e-lixo se torna essencial para o futuro da humanidade. Com isso, para garantir melhor destinação e gerenciamento dos resíduos sólidos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), responsável pela elaboração das normas técnicas do país, desenvolveu a ABNT Norma Brasileira (NBR) 10004:2004.

De acordo com a norma, resíduos sólidos são resíduos que estejam no estado sólido ou semissólido que são oriundos de processos das atividades hospitalar, doméstica, comercial, industrial e outras. A finalidade do regulamento é gerir de forma mais eficiente os resíduos

sólidos gerados, classificando-os de acordo com o risco potencial ao meio ambiente e à saúde pública (ABNT NBR 10004, 2004).

Esses resíduos são classificados de acordo com o processo que lhes deu origem da matéria prima:

- Resíduos Classe I – Perigosos: São resíduos que apresentam uma das características sendo elas: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
- Resíduos Classe II- Não perigosos
- Resíduos Classe II A- Não inertes: Esses resíduos não podem possuir as propriedades de: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- Resíduos Classe II B- Inertes: São resíduos que quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada não pode haver nenhum de seus componentes solubilizados a valores maiores que aos padrões de potabilidade de água (ABNT NBR 10004, 2004).

Em razão da necessidade de políticas públicas que visam aumentar a reciclagem de resíduos no Brasil, e melhor destinação desses produtos surgiu o projeto de Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A PNRS consiste na Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 e prevê a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos que são produzidos. Além disso, a lei também abrange o descarte correto desses resíduos, contribuindo com a diminuição do impacto causado ao meio ambiente e a saúde da população (BOSQUESI; FERREIRA, 2018).

A logística reversa é um instrumento importante da Política Nacional de Resíduos Sólidos, pois trata do ciclo inverso dos resíduos, isto é, consiste na coleta e transporte dos produtos obsoletos partindo dos consumidores até os fornecedores. Por meio dessa prática, visa-se a diminuição do volume dos resíduos gerados empregando o reuso, a reciclagem e o tratamento desses produtos. Outra questão importante da logística reversa, é a preocupação do aumento da vida útil dos aterros sanitários por meio do desvio de resíduos que podem ser reinseridos na cadeia produtiva gerando o aumento da eficiência no uso de recursos naturais (SANTOS, 2012).

Diante disso, em 12 de fevereiro de 2020, foi publicado o Decreto Federal nº 10.240 que prevê a obrigatoriedade do sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Com essa inclusão objetiva-se estabelecer mecanismos para que o consumidor possa descartar esses componentes em pontos disponibilizados por comerciantes para que o setor empresarial possa destinar de forma ambientalmente correta esses resíduos (BRASIL, 2021).

Nesse decreto ficou estabelecido que o ciclo da logística reversa para materiais eletroeletrônicos consistirá inicialmente no descarte do componente pelo consumidor em

pontos de entregas onde serão armazenados corretamente. Após, os resíduos serão levados a pontos de consolidação onde ocorrerá a triagem dos materiais. O e-lixo poderá ser tratado sendo reciclado ou reutilizado retornando à cadeia de produção. O rejeito do processo que não retornará ao ciclo terá à disposição final ambientalmente adequada (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021).

Na Figura 3 é apresentado o ciclo do sistema de logística reversa de produtos eletrônicos de acordo com o novo decreto.

Figura 3- Ciclo da logística reversa aplicada a materiais eletroeletrônico



Fonte: BRASIL, 2021.

De acordo com o BRASIL (2021), em 2019 foram recolhidas 384,5 toneladas de resíduos eletrônicos e instalados 258 pontos de coleta. Já em 2021, foram devolvidas 1.960 toneladas e criados 4.229 pontos de coleta. Observa-se um aumento de aproximadamente cinco vezes na quantidade de resíduos corretamente destinados ao longo desses dois anos. Com a obrigatoriedade da logística reversa para materiais eletroeletrônicos de uso doméstico, espera-se a instalação de mais de 5.000 pontos de coleta em todo o país até 2025.

Em Belo Horizonte estão disponíveis pontos de destinação de e-lixo e também estão presentes empresas que coletam resíduos eletroeletrônicos nas residências de forma gratuita, são elas: BH Recicla, MG recicla, Emile Reciclagem e Reciclagem TC (PACELLI, 2023).

3.4 Metodologia estudo de caso

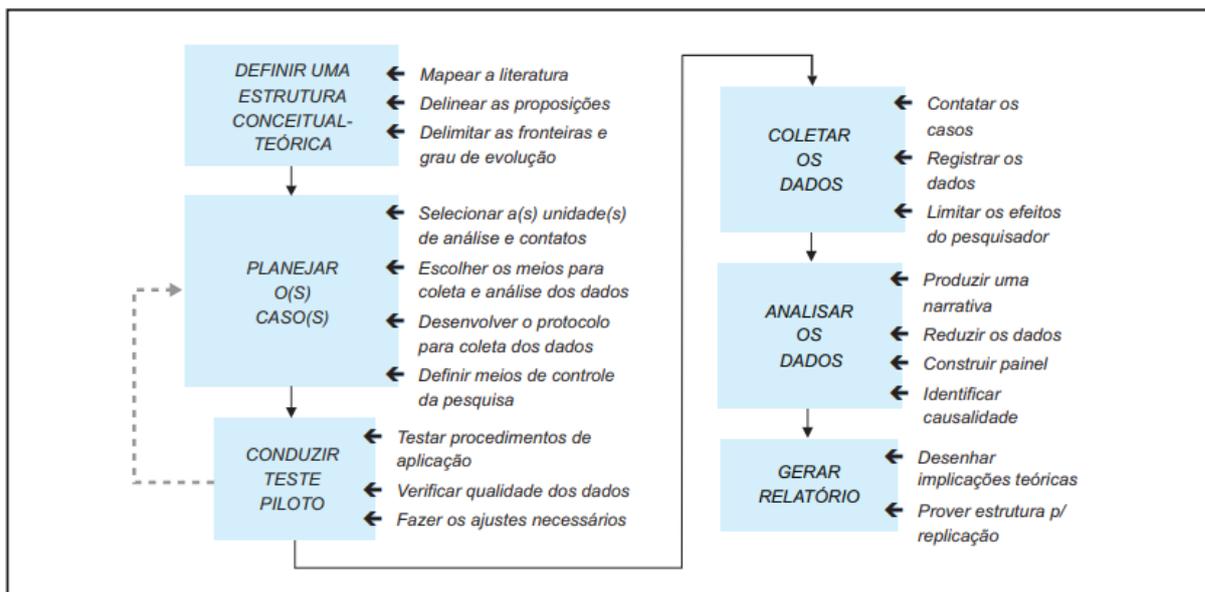
Estudo de caso é uma metodologia fundamentada por um referencial teórico que busca reunir e analisar as principais informações sobre um determinado fenômeno. Segundo FREITAS e JABBOUR (2011), o estudo de caso pode ser definido como uma investigação empírica que apura um fato contemporâneo dentro de seu contexto na vida. Nesse exemplo de metodologia objetiva-se o aprofundamento de temas que ainda não foram totalmente esclarecidos. Para isso, são utilizadas hipóteses acerca do problema, a avaliação de metodologias e também a análise dos resultados buscando novas interpretações (MIGUEL, 2007; FREITAS; JABBOUR., 2011).

O estudo de caso pode ser classificado de acordo com o número de casos estudados (caso único ou múltiplos casos) ou conforme o conteúdo apresentado (exploratório, explanatório ou descritivo). Além disso, dispõe como característica a utilização de fonte de pesquisa para obtenção de dados qualitativos e quantitativos utilizados para a construção da análise do tema (MIGUEL, 2007; FREITAS; JABBOUR, 2011).

A metodologia estudo de caso ainda não possui uma estruturação padronizada para ser empregue em projetos acadêmicos. Porém verifica-se que os trabalhos realizados possuem semelhanças na condução desse exemplo de metodologia (MIGUEL,2007).

Para Miguel (2007), a estruturação de uma metodologia utilizando estudo de caso seguem os principais pontos ilustrados na Figura 4.

Figura 4 - Descrição das etapas para a realização de um estudo de caso



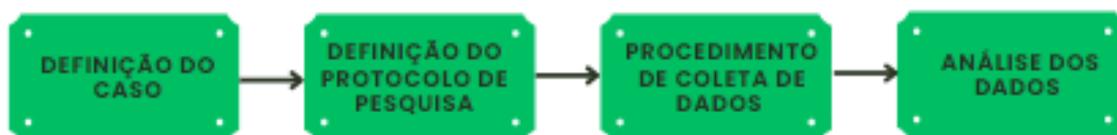
Para a construção da metodologia, inicialmente é realizado uma definição referencial conceitual-teórico visando maior conhecimento do pesquisador acerca do objeto de estudo. Nessa etapa é importante mapear os trabalhos já realizados e quais as lacunas geradas para desenvolvimento de proposições sobre o tema estudado (Miguel, 2007).

Após esse estágio é efetuado o planejamento de caso em que visa a decisão da categoria de estudo que será utilizado (caso único ou múltiplos) além da escolha das técnicas de coletas de dados definindo meios de controle para a realização do projeto. Em seguida é realizada condução do teste piloto para realizar a correção e os ajustes necessários dos procedimentos de aplicação.

Após a condução do teste piloto, o pesquisador inicia a etapa de coleta de dados utilizando os instrumentos definidos na etapa de planejamento. Realizam-se anotações pertinentes e a conclusão dessa fase é considerada finalizada, quando os dados obtidos são suficientes para responder as questões levantadas na pesquisa. Então, é efetuada a análise dos dados obtidos incluindo informações pertinentes e com ligação com os objetivos criados. Por fim, o pesquisador deve elaborar um relatório visando a validade dos elementos obtidos.

Ainda sobre a metodologia a ser empregue no estudo de caso, para FREITAS e JABBOUR (2011), a metodologia utilizada pode ser definida de acordo com a Figura 5.

Figura 5 - Descrição das etapas de procedimento para realização de um estudo de caso



Fonte: Adaptado de FREITAS; JABBOUR., 2011.

Inicialmente o pesquisador deve determinar qual categoria do estudo de caso será estudado, levando em conta a escolha do modelo que será utilizado. Após é necessário definir o protocolo de pesquisa a ser desenvolvido observando pontos importantes como desenho do estudo, seleção de amostras e condução da pesquisa. Para a etapa de análise de dados, o pesquisador deve categorizar e examinar os dados obtidos priorizando o cruzamento das evidências com a sustentação teórica obtida (FREITAS; JABBOUR, 2011).

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho foi o estudo de caso, no qual realizou-se uma pesquisa de mercado por meio da aplicação de questionários e entrevistas, com o objetivo de investigar os principais aspectos relacionados aos resíduos de lixo eletrônico e à logística reversa empregada nesses produtos. Para isso, definiu-se o trabalho como uma pesquisa descritiva e explanatória (MENDONÇA, 2014).

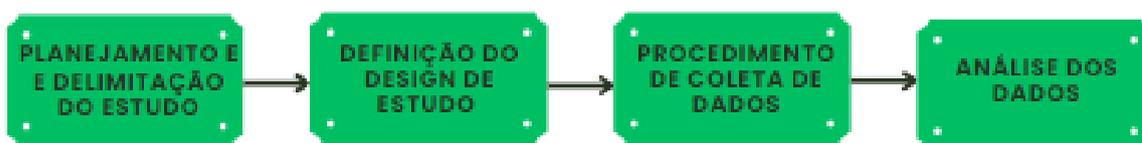
Para a realização da pesquisa foi estabelecido que os questionários deveriam ser respondidos por moradores da Região Metropolitana de Belo Horizonte e as visitas seriam realizadas em empresas do setor varejista que comercializam materiais eletroeletrônicos.

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas sendo elas:

- a) Elaboração e aplicação de questionário para moradores da Região Metropolitana de Belo Horizonte;
- b) Visitas em empresas do ramo varejista de Belo Horizonte para verificação do Decreto Federal 10.240.

Na figura 6 são apresentadas as principais etapas utilizadas para realização do estudo.

Figura 6 -Principais etapas da metodologia utilizada nesse estudo



Fonte: Próprio Autor.

4.1 Planejamento e delimitação do estudo

Nesta etapa foi formulada a temática da pesquisa desenvolvida e as questões relacionadas ao tema. Para isso, após realização da definição do tema do estudo foi efetuado um levantamento bibliográfico (YIN, 2004).

Para construir o referencial teórico, foram consultados e pesquisados artigos de pesquisa, teses, dissertações, normas, livros e outros conteúdos relevantes que foram utilizados neste estudo.

Foram pesquisadas palavras-chave para realização da pesquisa, tais como: “lixo eletrônico”, “política nacional dos resíduos sólidos”, “logística reversa”, “logística reversa de

lixo eletrônico”, “lixo eletrônico”, “gestão de resíduos sólidos”, “doenças causadas pela má destinação do lixo eletrônico”, “materiais preciosos presentes no lixo eletrônico”, “e-lixo”, “materiais presentes no lixo eletrônico” dentre outras.

4.2 Definição de design do estudo

Na etapa de definição do estudo foram levantadas algumas hipóteses para que fosse possível a realização do estudo de caso (BASKARADA, 2014).

As principais hipóteses foram:

- **Hipótese 1:** Os consumidores não têm as informações necessárias para o descarte correto do lixo eletroeletrônico.
- **Hipótese 2:** Os consumidores não possuem conhecimento a respeito da logística reversa de lixo eletroeletrônico.
- **Hipótese 3:** As entidades governamentais não difundem de maneira eficiente a logística reversa aplicada ao lixo eletroeletrônico.
- **Hipótese 4:** As empresas varejistas não divulgam de modo efetivo as informações sobre pontos de coletas de lixo eletroeletrônico.

Por meio das hipóteses levantadas sobre o assunto foi possível definir as fases para o procedimento de levantamento de coleta de dados da pesquisa.

4.3 Procedimento da coleta de dados

Na figura 7 são apresentadas as etapas utilizadas para a construção da coleta de dados utilizadas nessa pesquisa.

Figura 7- Etapas para construção da coleta de dados



Fonte: Próprio autor.

Após o levantamento das principais questões foi elaborado questionário e realizado a escolha das varejistas para visita.

4.3.1 Questionário enviado a moradores da Região Metropolitana de Belo Horizonte

Buscando entender quais são as principais dificuldades dos consumidores sobre o descarte de lixo eletrônico e a utilização da logística reversa aplicada a esses componentes, foi realizada a aplicação de questionário que é apresentado no **APÊNDICE A**.

O questionário elaborado levou em considerações alguns pontos, sendo eles:

- (i) **Perfil dos entrevistados e conhecimento sobre lixo eletrônico:** As questões relacionadas ao perfil dos entrevistados abordam gênero, faixa etária e escolaridade. No que diz respeito ao lixo eletrônico, as perguntas são relacionadas ao método de descarte dos resíduos eletrônicos, bem como à quantidade de produtos descartados nos últimos 2 anos. Também são abordadas questões sobre o conhecimento dos consumidores em relação aos materiais valiosos encontrados no e-lixo e aos danos causados pelo descarte inadequado desses resíduos.

(ii) **Conhecimento sobre a legislação aplicada a materiais eletroeletrônicos:**

No que se refere ao conhecimento da legislação, foi questionado aos consumidores sobre sua compreensão da Lei 12.305, que estabelece a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, e do Decreto Federal 10.240 (12 de fevereiro de 2020), que institui a obrigatoriedade da logística reversa para materiais eletroeletrônicos de uso doméstico. Além disso, também foram abordadas questões relacionadas aos pontos de descarte desses resíduos na região e à eficácia da divulgação dessas políticas pelos governos.

O questionário foi distribuído para residentes da região metropolitana de Belo Horizonte, de 24 a 27 de abril de 2023. Os participantes foram selecionados de forma aleatória em instituições de ensino e empresas. Para divulgar o questionário, utilizou-se o envio por aplicativos de mensagens, além de abordagens individuais que incluíram o uso de QR Code para acesso ao questionário.

De acordo com estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a região metropolitana de Belo Horizonte possui uma população superior a 6 milhões de habitantes (INSTITUTO, 2020). Conforme Patino e Ferreira (2016), para que uma pesquisa tenha um nível de confiança de 95% seria necessário aplicar 385 questionários para que a pesquisa fosse considerada representativa por um grupo.

Após a coleta de dados, foram construídos gráficos e tabelas para análise das respostas obtidas.

4.3.2 Entrevista realizada com empresas do ramo varejistas em Belo Horizonte

Para a etapa de entrevista com empresas do ramo varejista, inicialmente foi realizado pesquisa na internet para identificar empresas varejistas que comercializam produtos eletroeletrônicos.

Realizou-se entrevista com três empresas do ramo varejista em Belo Horizonte entre os dias 02 e 03 de maio de 2023. As entrevistas foram efetuadas de forma presencial em nove lojas, sendo três estabelecimentos de cada rede varejista.

Nas visitas foi investigado a presença de pontos de recebimento de lixo eletroeletrônico conforme o Decreto Federal 10.240, para que os consumidores possam descartar resíduos de produtos de uso domiciliar como computadores, impressoras, celulares, pilhas etc.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

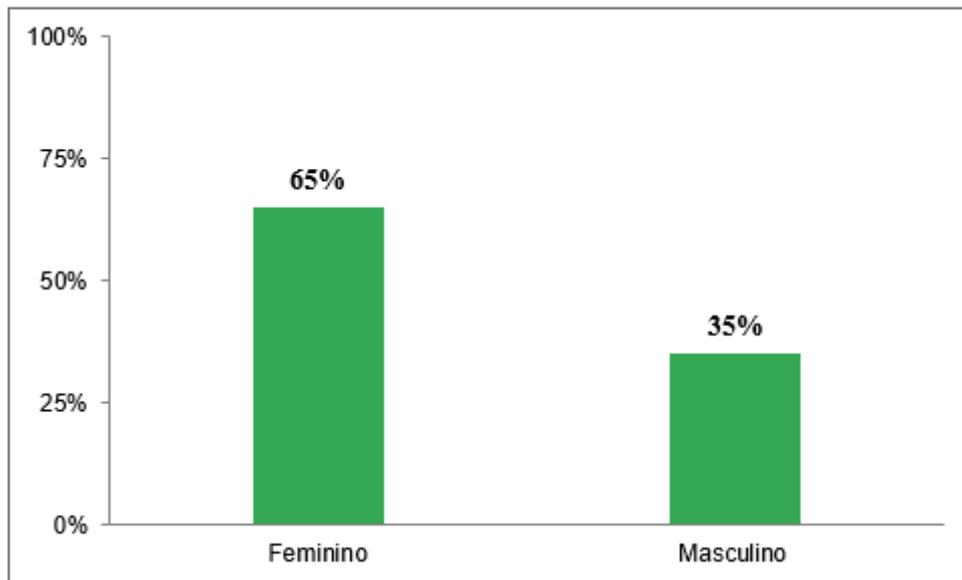
5.1 Questionário enviado a moradores da Região Metropolitana de Belo Horizonte

Nessa fase, 398 pessoas participaram respondendo à pesquisa. Com base nessa amostra, a pesquisa possui um nível de confiança de 95%.

5.1.1 Perfil dos entrevistados e conhecimento sobre lixo eletroeletrônico

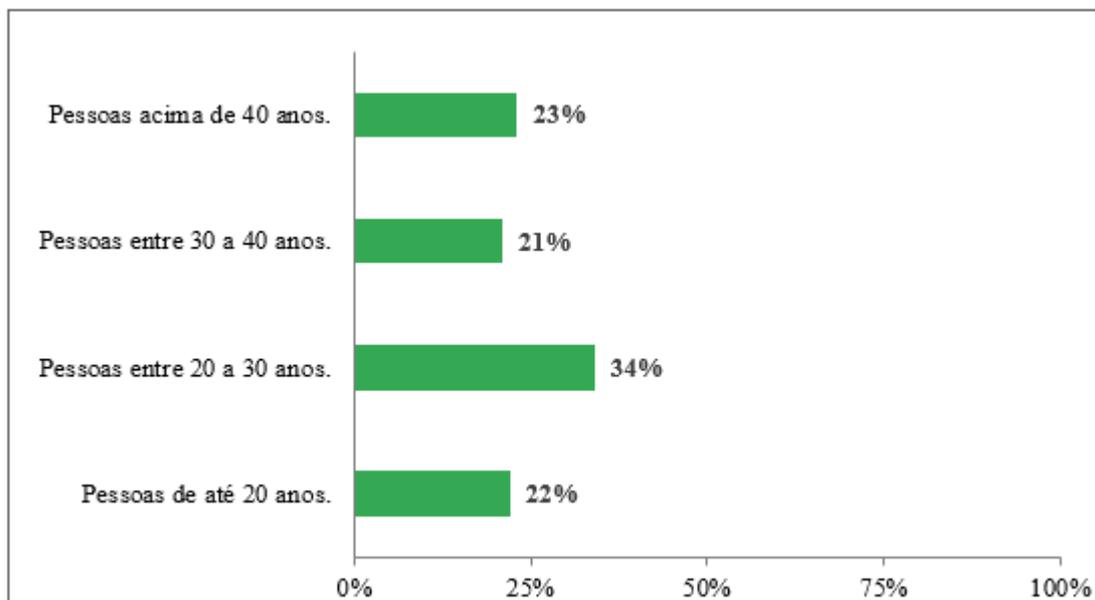
Nesta pesquisa, de acordo com a figura 8, 65% dos entrevistados foram do gênero feminino e 35% masculino. Estudos realizados sobre questões de sustentabilidade e preocupação ambiental têm mostrado que as mulheres são mais atentas a esses temas relacionados ao meio ambiente e à preservação da natureza (NETO; SOUZA; VALLE, 2011).

Figura 8 - Perfil dos entrevistados em relação à variável gênero



Fonte: Próprio autor.

Na figura 9 é apresentada a faixa etária dos entrevistados, na qual se observa que o maior percentual de respostas correspondeu ao grupo de pessoas entre 20 e 30 anos, totalizando 34%. As demais faixas etárias obtiveram porcentagens menores e semelhantes entre si.

Figura 9 - Faixa etária dos entrevistados.

Fonte: Próprio autor

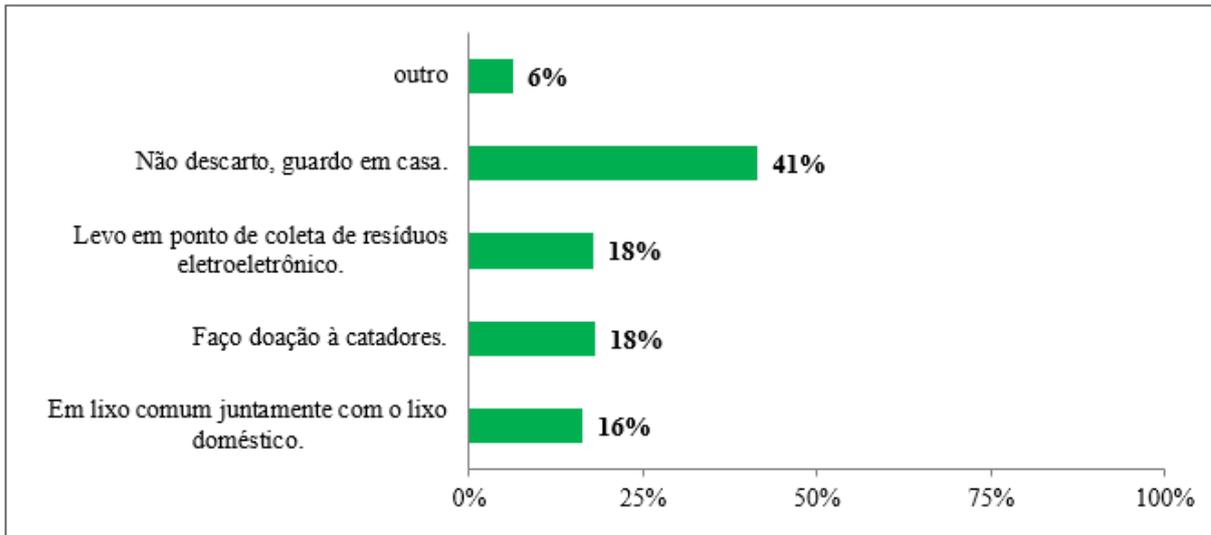
Na pesquisa conduzida em 2021 por uma entidade responsável pela gestão da logística reversa de lixo eletrônico, constatou-se que indivíduos com idades entre 18 e 25 anos demonstraram ter menos conhecimento sobre o tema, enquanto os entrevistados com idades entre 26 e 45 anos apresentaram maior familiaridade com o assunto (GREEN ELETRON, 2021).

Em relação ao nível educacional dos consumidores, os resultados obtidos revelaram que aproximadamente 36% dos entrevistados possuem ensino superior completo, 18% estão atualmente cursando o ensino superior, e 25% dos participantes possuem ensino médio completo.

Conforme o estudo realizado por DIAS et al. (2018), concluiu-se que o grau de escolaridade está diretamente relacionado à conscientização da população em relação a temas como sustentabilidade e preservação do meio ambiente. Nesse estudo, constatou-se que quanto maior a instrução dos entrevistados, maior é a preocupação com questões ambientais.

Visando entender o conhecimento da população sobre lixo eletrônico foram realizadas perguntas sobre esse tema. Quando questionados sobre como os respondentes descartam o lixo eletrônico observou-se que 41% não descartam o lixo eletrônico deixando-o em casa de acordo com a figura 10.

Figura 10 - Destinação dos resíduos eletrônicos pelos consumidores



Fonte: Próprio autor.

De acordo com uma pesquisa realizada, 61% dos entrevistados afirmaram não realizar o descarte do lixo eletrônico, optando por armazená-lo em casa. A ausência de informação da maneira correta de descartar esses resíduos ou a falta de pontos de coletas especializados próximo ao consumidor podem corroborar com os números obtidos (LINDSAY, 2022).

Cerca de 36% dos entrevistados reconhecem a importância do descarte correto desses resíduos levando o lixo eletrônico em pontos de coletas ou realizam doação à catadores. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), os catadores são responsáveis por aproximadamente 90% do lixo reciclado no Brasil. Esses catadores realizam a coleta, separação e triagem dos resíduos (ALVARES; MOTA, 2012).

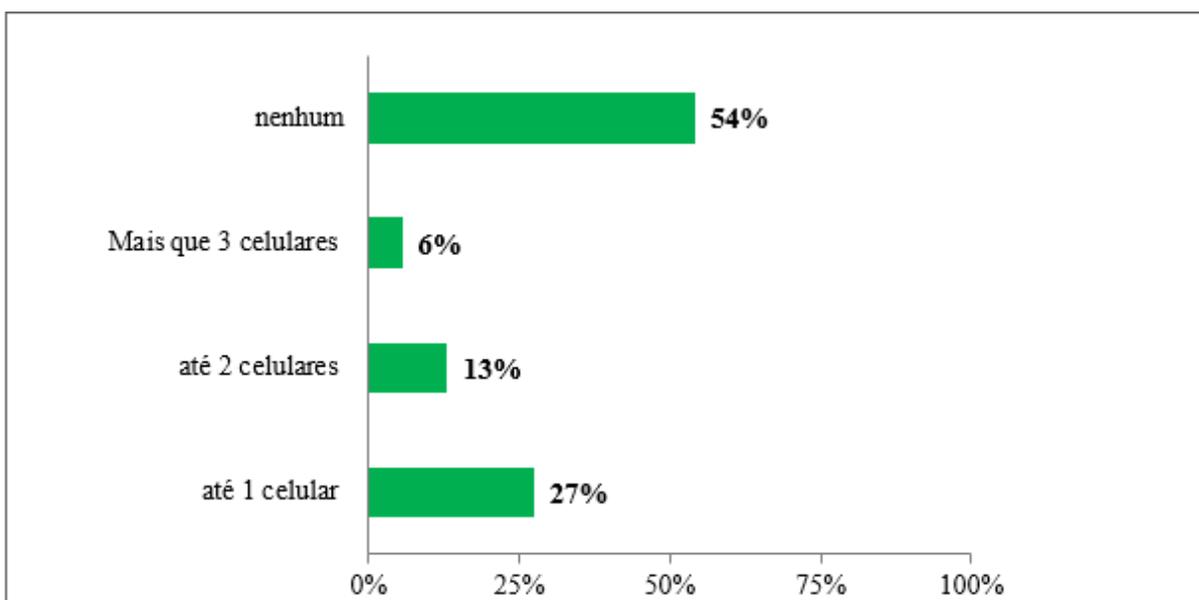
Outro dado importante obtido na pesquisa é que 16% das pessoas relatam descartar o lixo eletrônico em lixo comum juntamente com o resíduo doméstico. Esse resultado é muito preocupante visto que segundo pesquisa realizada pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) cerca de 70% de metais pesados que são encontrados em lixões ou aterros sanitários são oriundos de equipamentos eletroeletrônicos que foram descartados de forma incorreta (FONSECA, 2021).

Em um estudo realizado em 2022 pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), constatou-se que, no Brasil, existe uma média de mais de um smartphone por habitante, totalizando cerca de 242 milhões de celulares. Além disso, em 2021 houve um aumento de 27% de smartphones

vendidos no Brasil em relação ao ano anterior. Isso evidencia a ampla utilização desse dispositivo pelos brasileiros (BUSINESS, 2022).

Diante desse dado, questionou-se aos entrevistados sobre a quantidade de aparelhos celulares descartados nos últimos dois anos. O resultado obtido é apresentado na figura 11.

Figura 11 - Aparelhos celulares descartados nos últimos dois anos pelos consumidores



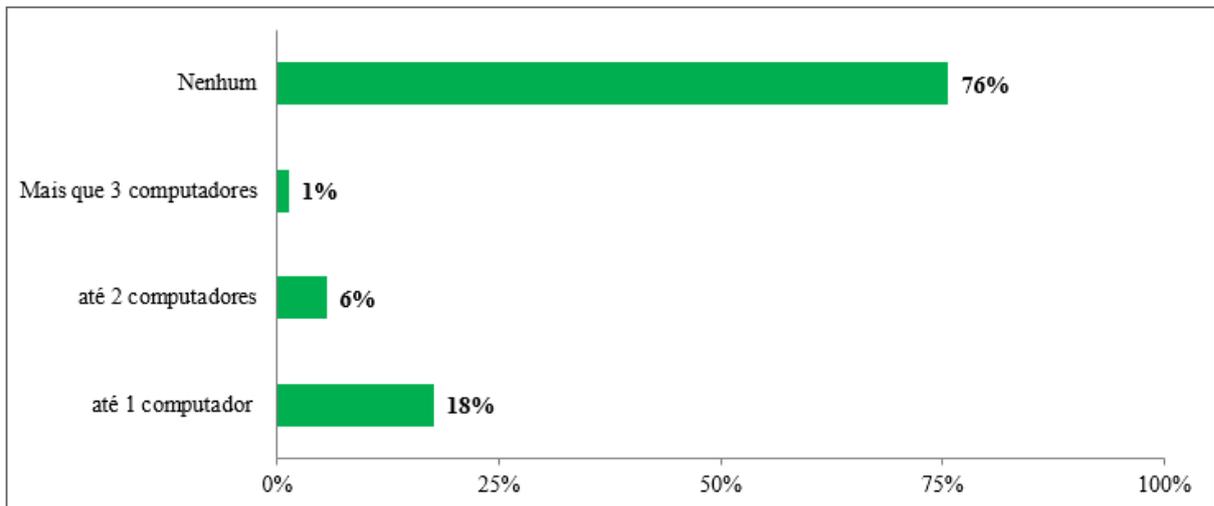
Fonte: Próprio autor.

Verifica-se que 54% das pessoas não descartaram nenhum celular nos dois primeiros anos de uso. O resultado obtido confirma dados alcançados pelo Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC) em uma pesquisa realizada com o Instituto de Pesquisa Market Analysis, em que foi demonstrado que a vida útil de um celular é de aproximadamente três anos (CONSUMIDOR, 2013).

Dos entrevistados 27% descartaram até um celular em até dois anos. Os smartphones podem ser rejeitados pelo consumidor devido às falhas no funcionamento, custo elevado de reparação ou por inovação tecnológica. Segundo pesquisa do IDEC a maioria dos consumidores realiza a troca de celulares devido à inovação tecnológica e aumento de funções (CONSUMIDOR, 2013).

Os computadores, notebooks, tablets são equipamentos eletrônicos frequentemente utilizados pela sociedade. Em vista disso, foi estimada a quantidade desses produtos que foram descartados nos últimos dois anos pelos consumidores conforme apresentado na figura 12.

Figura 12- Equipamentos eletrônicos (computadores, notebook) descartados nos últimos 2 anos pelos consumidores



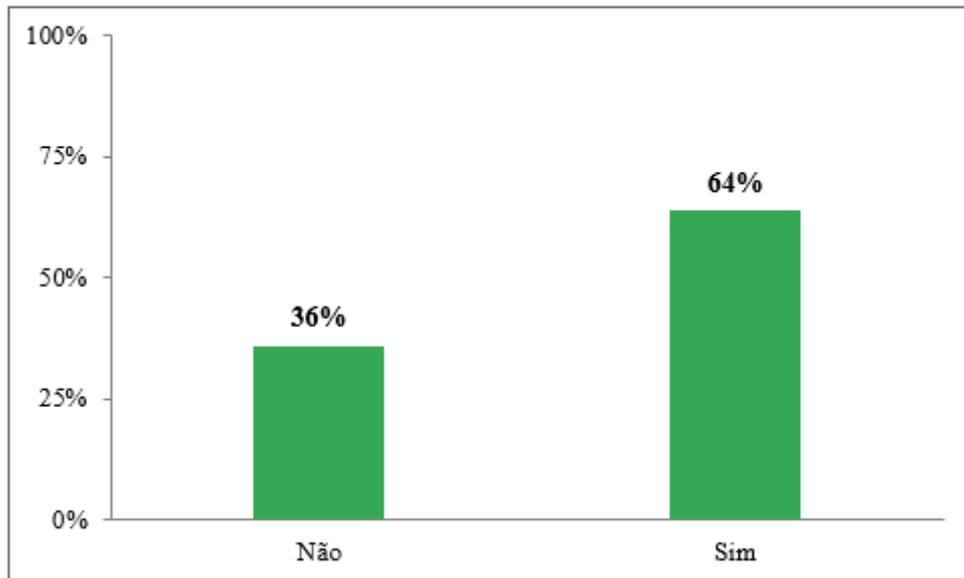
Fonte: Próprio autor.

De acordo com a figura 12, 76% dos entrevistados não descartaram nenhum computador nos últimos dois anos. Segundo ZANETTI (2010), os computadores, tablets e notebooks possuem tempo de vida de aproximadamente dois a quatro anos.

Outro dado relevante obtido é que 18% dos participantes da pesquisa descartaram nos últimos dois anos até um computador. O descarte precoce de computadores e tablets aumenta o volume de resíduos gerados e se descartado de forma incorreta intensifica o impacto causado na natureza devido às substâncias tóxicas presentes nesses componentes (ZANETTI, 2010).

Na figura 13 são apresentadas as respostas obtidas com relação à ciência dos entrevistados sobre a presença de materiais preciosos como ouro e prata nos resíduos do e-lixo e a possível reciclagem desses materiais.

Figura 13- Conhecimento acerca dos materiais valiosos encontrados no lixo eletrônico e a possibilidade de sua reciclagem



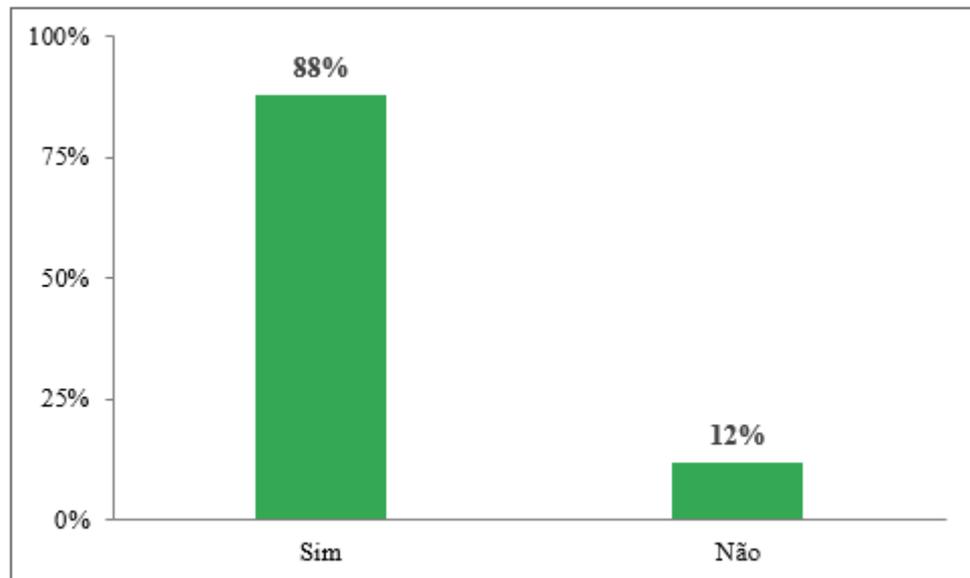
Fonte: Próprio autor

Conforme a pesquisa, 64% dos entrevistados têm o conhecimento da existência de materiais preciosos no lixo eletrônico, enquanto 36% desconhecem essa informação.

Segundo Araujo et al. (2015), em um estudo realizado, constatou-se que 83% dos consumidores consideram importante a prática da reciclagem do e-lixo. Isso ocorre porque produtos como computadores contêm componentes de alto valor agregado que podem ser reciclados, reduzindo o impacto ambiental quando descartados de maneira adequada.

Segundo a figura 14, os participantes foram indagados a respeito do conhecimento acerca dos danos à saúde humana e do potencial contaminação de rios e solo devido à presença de substâncias tóxicas nos resíduos eletrônicos.

Figura 14- Conhecimento dos entrevistados sobre os materiais perigosos encontrados no lixo eletrônico



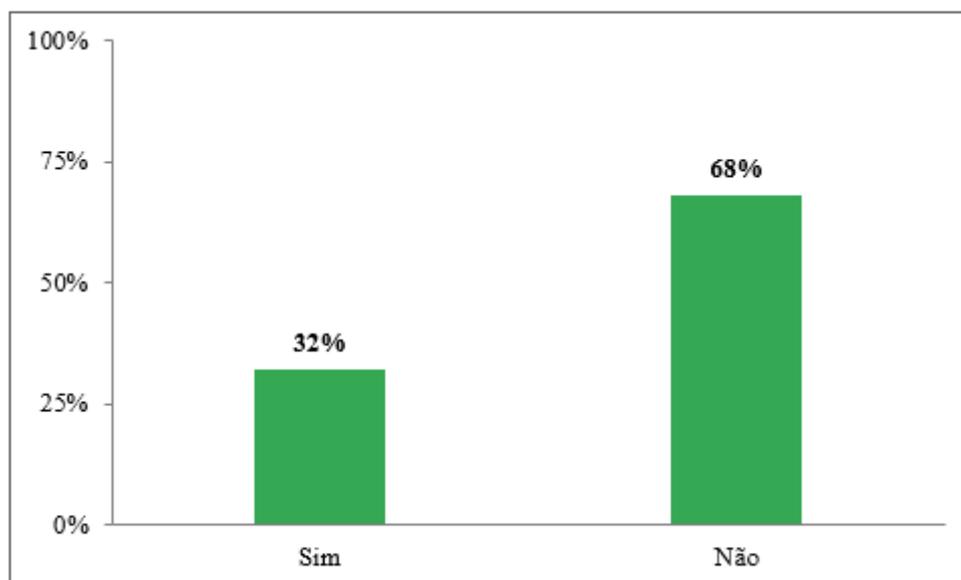
Fonte: Próprio autor.

De acordo com os dados da figura, 88% dos entrevistados afirmaram estarem cientes dessas informações, enquanto apenas 12% desconhecem o assunto.

Em uma pesquisa realizada em Belo Horizonte, Marques e Siqueira (2012) constataram que 43% dos entrevistados relataram ter conhecimento sobre a presença de substâncias perigosas na composição do lixo eletrônico. Além disso, 44,5% mencionaram pelo menos um componente perigoso encontrado nesse tipo de resíduo. Esses resultados indicam que parte da população possui conhecimento sobre os materiais perigosos presentes no lixo eletrônico, destacando a importância do descarte consciente.

5.1.2 Conhecimento sobre logística reversa de materiais eletroeletrônicos

Foi questionado aos entrevistados o conhecimento acerca da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei Federal nº 12.305/2010). O objetivo dessa questão foi avaliar a compreensão da população em relação à lei que estabelece a responsabilidade de pessoas físicas e jurídicas na geração de resíduos sólidos, incluindo ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento desses resíduos. O resultado obtido é apresentado na figura 15.

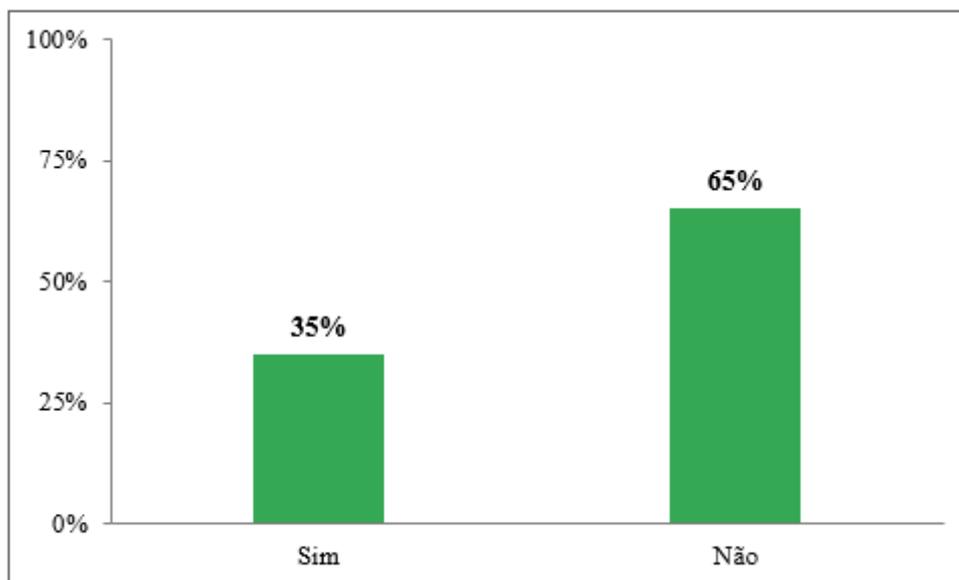
Figura 15 - Conhecimento dos consumidores sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos

Fonte: Próprio autor.

Segundo os dados apresentados na figura 15, 68% dos entrevistados afirmaram não ter conhecimento sobre a lei de 2010, enquanto 32% estão cientes da PNRS. Um estudo realizado por Maiello et al. (2018) revelou que 57,8% dos entrevistados não possuíam nenhum conhecimento sobre essa política, o que confirma a falta de conhecimento da população sobre as políticas públicas de destinação dos resíduos.

O resultado obtido não é favorável, uma vez que é importante que a população esteja familiarizada com a lei, pois a falta de conhecimento dificulta a implementação de alguns princípios da logística reversa e impede que os consumidores cobrem das entidades responsáveis um melhor gerenciamento desses resíduos. Portanto, nota-se a necessidade de uma maior divulgação por parte dos órgãos competentes sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

Ainda sobre as políticas públicas que visam melhor gerenciamento dos resíduos, os participantes foram indagados sobre seu conhecimento em relação à iniciativa da logística reversa. Os dados obtidos estão apresentados na figura 16.

Figura 16- Conhecimento dos consumidores sobre logística reversa

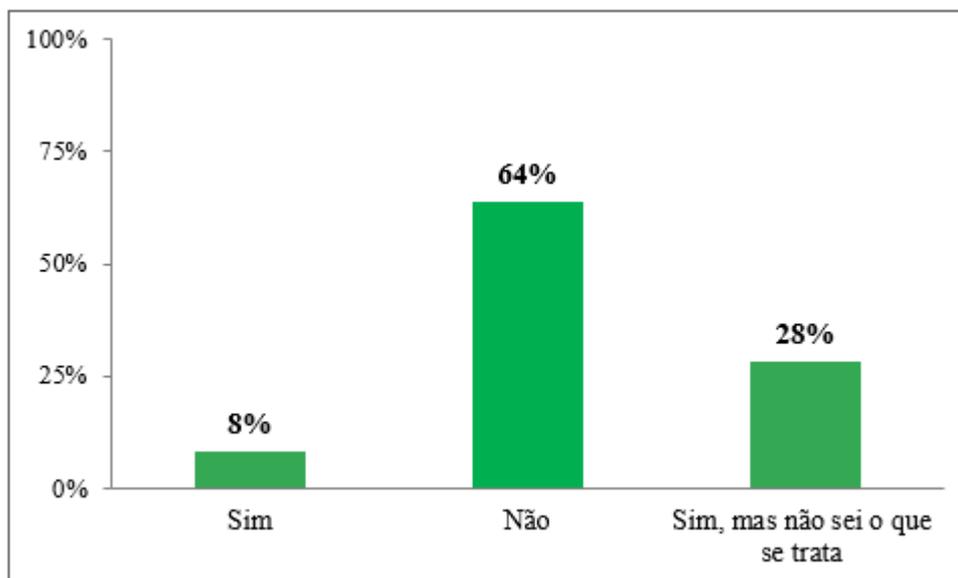
Fonte: Próprio autor.

De acordo com os dados apresentados na figura 16, constata-se que mais da metade (65%) dos entrevistados não possuem o conhecimento sobre esse instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

O dado obtido é preocupante, visto que a logística reversa é um instrumento importante da Política Nacional dos Resíduos Sólidos e sua implementação pode trazer benefícios econômicos, sociais e a valorização dos resíduos devido à possibilidade do aumento da reciclagem (SANTOS, 2018). O conhecimento pela população dessas políticas é essencial para o correto gerenciamento dos resíduos sólidos que são gerados.

Em fevereiro de 2020, foi aprovado pelo Ministério do Meio Ambiente o Decreto Federal nº 10.240 visando à implementação da logística reversa de lixo eletroeletrônico de uso doméstico (GOVERNO, 2021). Diante disso, verificou-se o conhecimento dos consumidores sobre a legislação de 2020.

Na figura 17 são apresentados os resultados obtidos onde observa-se que 64% dos respondentes desconhecem o decreto 10.240, 28% já ouviram falar, mas não sabem do que se trata e apenas 8% tem ciência sobre o tema.

Figura 17 - Conhecimento dos entrevistados sobre o Decreto Federal 10.240

Fonte: Próprio autor.

O acordo setorial firmado pelo Governo Federal e os demais setores que participam da logística reversa de lixo eletrônico, prevê planos de comunicação visando à ampla divulgação do sistema de logística reversa de lixo eletrônico para os envolvidos nas etapas principalmente para os consumidores (BRASIL, 2020).

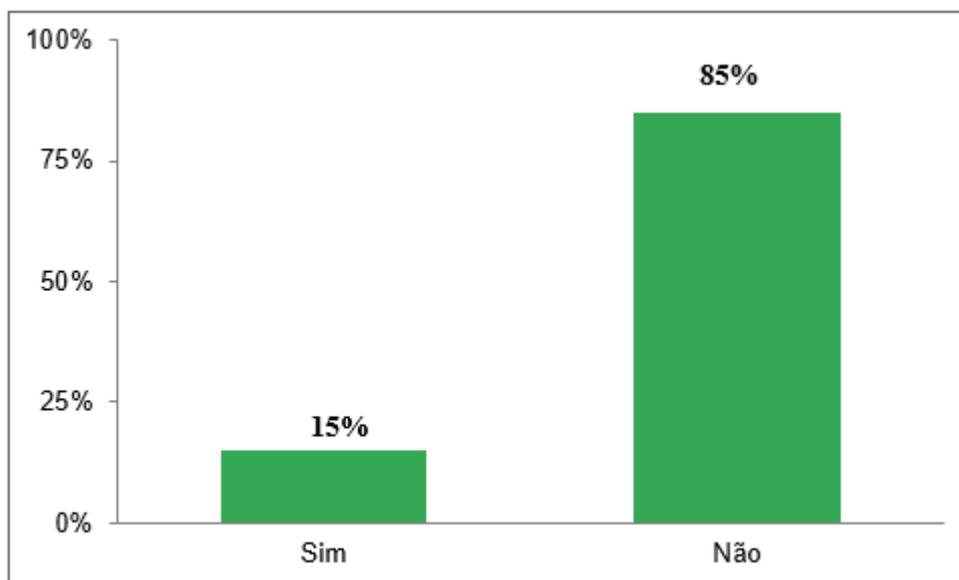
Segundo os dados obtidos nesta pesquisa, constata-se a ineficiência da divulgação desse tema, uma vez que mais da metade dos entrevistados desconhece o decreto que foi implementado há três anos, e aqueles que já ouviram falar sobre a lei não têm conhecimento efetivo sobre o seu conteúdo.

Quando questionados sobre empresas que praticam a logística reversa de lixo eletrônico 87% dos entrevistados desconhecem empresas que utilizam essa iniciativa. O dado obtido constata ausência de conhecimento da população sobre empresas especializadas no gerenciamento de resíduos eletrônicos. Os 13% dos respondentes que conheciam empresas que praticavam logística reversa citaram empresas como: Carrefour e Magazine Luiza.

Com a utilização da logística reversa alguns materiais podem ser 100% reaproveitados em diversas aplicações. A falta de conhecimento sobre essa prática e de empresas que praticam esse instrumento de desenvolvimento pelo público consumidor demonstra preocupação, visto que a população é um agente de fundamental importância na logística reversa, sendo responsável pelo correto descarte dos produtos após o fim de sua vida útil (SANTOS, 2018).

Os locais de coleta de lixo eletroeletrônico na região metropolitana de Belo Horizonte são desconhecidos por 85% dos entrevistados, conforme apresentado na figura 18.

Figura 18 - Conhecimento sobre pontos de coleta de lixo eletrônico na região metropolitana



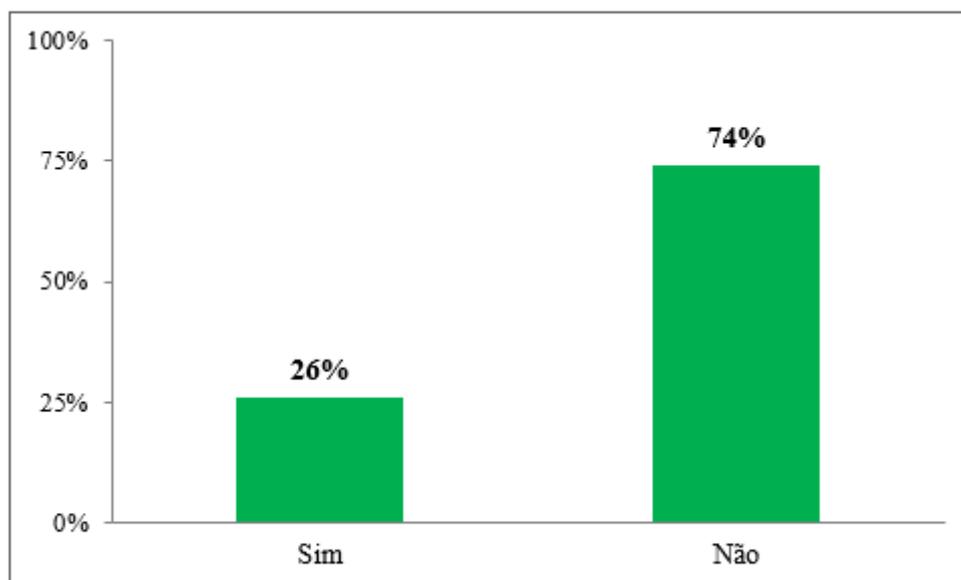
Fonte: Próprio autor.

Com esse dado obtido e possível analisar que os consumidores finais não descartam o e-lixo em locais especializados já que a maioria dos entrevistados desconhecem os pontos existentes. Estudos realizados em uma região de Belo Horizonte mostrou que menos de 1% dos consumidores destinam os resíduos eletroeletrônicos para empresas especializadas. A falta dessa prática reforça a necessidade de coleta e divulgação de pontos visando melhor gerenciamento dos resíduos (GUIMARÃES; LATINI, 2014).

Os 15% dos respondentes que disseram conhecer pontos de coleta de lixo eletrônico na região metropolitana citaram empresas como: E-mile e Bh recicla.

Um dos pilares para a eficiência da logística reversa de lixo eletrônico são as empresas varejistas, as quais devem dispor pontos de coletas para que os consumidores possam descartar os resíduos para que seja realizado o reaproveitamento ou descarte correto desses materiais.

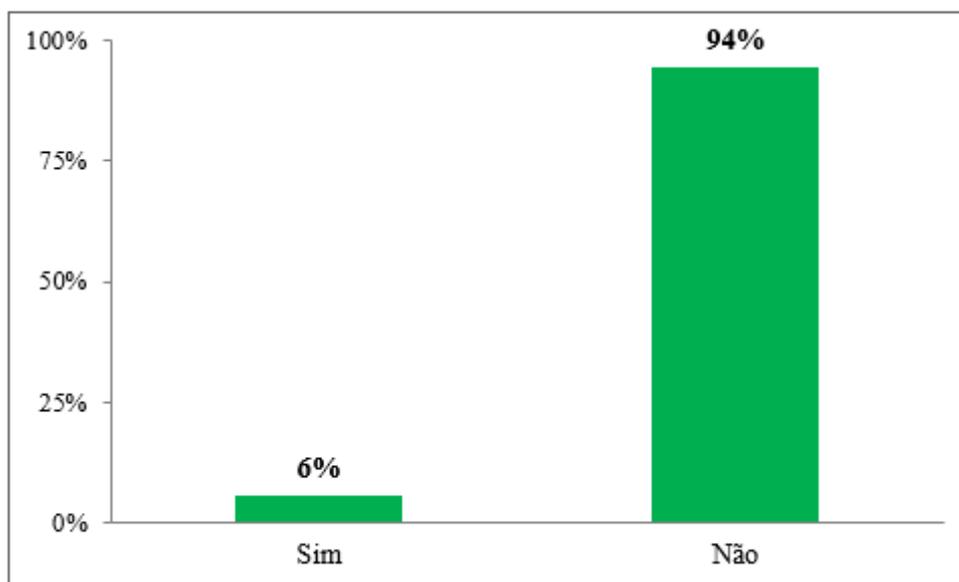
Conforme apresentado na figura 19, quando questionados sobre a ciência de pontos de coleta de lixo eletrônico nas empresas como: Apple, Leroy Merlin, Sony, Carrefour, Magazine Luiza, dentre outras, 74% desconheciam essa informação.

Figura 19 - Conhecimento sobre pontos de coleta de lixo eletrônico em empresas varejistas

Fonte: Próprio autor

Como descrito no acordo setorial para a logística reversa de lixo eletrônico, o setor varejista é parte importante para a contribuição do funcionamento do decreto 10.240, pois essas empresas podem ser consideradas as intermediadoras entre os consumidores finais e as indústrias. Logo, com o dado obtido nessa pesquisa é perceptível a falta de conhecimento da sociedade sobre pontos de coleta tornando o ciclo da logística reversa ineficiente.

Também foi realizado questionamento aos entrevistados sobre a abrangência da divulgação das políticas públicas relacionadas ao lixo eletrônico. O resultado é apresentado na figura 20.

Figura 20 - Abrangência das políticas públicas pelo Governo

Fonte: Próprio autor.

Constatou-se que 94% dos entrevistados consideram que as informações não são amplamente divulgadas pelo governo.

Em uma pesquisa realizada pela Green Eletron em 2021, concluiu que 71% dos entrevistados concordaram que não há muitas informações na mídia a respeito do lixo eletrônico e seu correto descarte (ELETRON, 2021).

A falta de informação a respeito do tema dificulta uma maior conscientização da população sobre o correto descarte dos resíduos eletrônicos, sendo essenciais maiores divulgações para a sociedade, uma vez que a divulgação é parte essencial na política dos resíduos sólidos.

Os entrevistados foram consultados sobre a importância da obrigatoriedade da logística reversa para os resíduos de lixo eletrônico e 90% consideram importante a obrigatoriedade dessa prática. O número obtido constata que a sociedade entende a importância de políticas públicas voltadas para o gerenciamento de resíduos sólidos.

A logística reversa é um importante instrumento no desenvolvimento de questões relacionadas à problemática do lixo eletrônico, uma vez que, com o aumento do chamado e-lixo, torna-se necessário uma atenção especial para o desenvolvimento ambiental e social, visando o reaproveitamento no ciclo produtivo e a melhor forma de destinação dos resíduos (FREITAS, 2015).

O questionário realizado nessa pesquisa teve como objetivo investigar o conhecimento do público sobre a logística reversa de lixo eletrônico e as políticas públicas que auxiliam os

consumidores no conhecimento desse tema e, além disso, despertar na população a preocupação com o descarte correto do lixo eletrônico.

Ao serem questionados sobre o impacto do questionário no aprendizado sobre a logística reversa de lixo eletrônico, 97% dos entrevistados responderam de forma positiva. Essa resposta evidencia a importância de uma maior divulgação por parte dos órgãos competentes sobre a logística reversa de lixo eletrônico, em conjunto com a participação dos setores envolvidos nessa iniciativa, bem como o engajamento dos consumidores. Essa abordagem conjunta permitirá que a logística ofereça soluções acessíveis e confiáveis para um desenvolvimento sustentável dos resíduos eletrônicos (FREITAS, 2015).

5.2 Entrevista realizada em lojas varejistas de Belo Horizonte

O Decreto Federal 10.240 aprovado em 2020 prevê a obrigatoriedade da logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes. A fim de que isso ocorra, as empresas varejistas firmaram o compromisso de disponibilizar pontos de coleta em suas lojas para que os consumidores possam descartar os resíduos corretamente.

As varejistas possuem papel importante no descarte correto do e-lixo já que essas podem ser consideradas como intermediadoras entre o público consumidor e as indústrias para que a disposição dos resíduos seja realizada com êxito.

Com isso, foram realizadas visitas em três grandes empresas do ramo varejista que serão denominadas: varejistas A, B e C, conforme apresentado na figura 21. Visou-se verificar a existência de pontos de coletas de lixo eletrônico de acordo com o Decreto.

Figura 21 - Empresas varejistas visitadas em Belo Horizonte



Fonte: Próprio autor

Empresa varejista A: Durante as visitas presenciais nas lojas, constatou-se a presença de pontos de coleta de lixo eletrônico em 2 das 3 lojas visitadas. Conforme informado pelo

vendedor da rede, todas as lojas possuíam pontos de recebimento de resíduos eletrônicos, no entanto, em uma das lojas visitadas não foi encontrado o ponto de armazenamento. A justificativa dada pela não existência do coletor é a recente inauguração da loja. Ainda de acordo com o vendedor, o tipo de resíduo eletrônico mais descartado na loja são as pilhas, as quais já eram coletadas antes da implementação do Decreto 10.240.

Segundo pesquisa sobre resíduos eletrônicos no Brasil, as pilhas e os eletrodomésticos de pequeno porte são os itens descartados em maior quantidade pelos brasileiros (ELETRON, 2021).

Conforme colaborador, mesmo com o decreto de 2020, o número de pessoas que levam lixo eletrônico para o descarte ainda é muito pequeno, visto que segundo ele, o público consumidor desconhece os coletores eletroeletrônicos.

De acordo com o site da empresa, a varejista promove um programa de reciclagem que está presente em 12 estados e no Distrito Federal. Com a utilização dos coletores em 2022, 5 toneladas foram enviadas para o descarte correto.

Empresa varejista B: A segunda varejista visitada consiste em uma grande empresa de telefonia presente em todo Brasil. Nas 3 lojas visitadas foi possível identificar pontos de coleta identificados para o descarte de lixo eletrônico.

A empresa também possui um programa de reciclagem para destinar corretamente o lixo eletrônico. Segundo a varejista, é realizada triagem e separação dos componentes destinados, nos quais são retiradas as partes que necessitam de atenção especial, como, por exemplo, as baterias. Após isso, os produtos são enviados para reciclagem em empresas especializadas na recuperação dos componentes.

A varejista foi pioneira na logística reversa de lixo eletrônico implementando pontos de coleta desde 2006. Desde a implantação dos pontos, foram recolhidos mais de 5 milhões de resíduos e cerca de 2.400 toneladas foram recicladas.

Empresa varejista C: A terceira varejista visitada é uma das empresas varejistas mais importantes no Brasil. Nas 3 lojas visitadas foram identificadas pontos de coleta em apenas 2 lojas. A varejista possui parceria com entidades gestoras para gerenciamento do descarte dos resíduos e correta destinação.

É importante destacar a falta de conhecimento desses pontos, inclusive por parte dos funcionários das varejistas, pois dois dos nove vendedores desconheciam a existência dos coletores na loja, precisando da ajuda de outro colaborador para identificar o local de armazenamento.

As varejistas possuem parceria com empresas gestoras de lixo eletrônico para efetuar a destinação dos resíduos.

Nas visitas realizadas na região metropolitana de Belo Horizonte foi possível identificar gestoras de lixo eletrônico:

- Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônico e Eletrodomésticos (ABEE): gestora da logística reversa de produtos eletroeletrônico e possui diversas empresas como associadas para que os consumidores possam descartar corretamente os resíduos eletroeletrônico.
- Green Eletron: visa a criação do sistema coletivo para operacionalizar a logística reversa de suas associadas de forma mais eficiente e econômica. Com isso, a gestora promove a economia circular objetivando a redução de custos e geração de valor.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e discutidos neste estudo, é possível entender o panorama da logística reversa de lixo eletrônico na região Metropolitana de Belo Horizonte

Logo, é possível concluir que:

- a) Os consumidores de eletroeletrônicos que vivem em Belo Horizonte e Região Metropolitana possuem conhecimento sobre as características dos resíduos eletrônicos. De modo que 64% dos entrevistados tem ciência sobre as matérias primas preciosas como ouro e prata que compõe o e-lixo e que podem ser reciclados. Além disso, foi possível concluir que os respondentes têm conhecimento que os resíduos podem gerar danos à saúde humana se descartados de forma incorreta devido às substâncias tóxicas presente nesses produtos.
- b) Para que o descarte do e-lixo seja efetuado com êxito é imprescindível que a população saiba das políticas públicas que norteiam o gerenciamento desse tipo de resíduo. Na pesquisa realizada foi constatado que 68% dos entrevistados não têm ciência sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos e 64% desconhecem a legislação que implementa a logística reversa de lixo eletroeletrônico de uso doméstico. Dessa forma, mesmo com significativo grau de instrução dos entrevistados foi observado baixo conhecimento sobre a regulamentação de destinação dos resíduos.
- c) Também, foi possível identificar que mesmo possuindo conhecimento acerca dos perigos do descarte incorreto dos resíduos eletroeletrônicos para os seres humanos e para a natureza, os consumidores não têm o costume de descartar o e-lixo em pontos de coleta sendo que 41% dos respondentes ainda guardam os resíduos de eletroeletrônicos em suas residências.
Em vista disso, foi possível concluir com a pesquisa que 85% dos entrevistados desconhecem pontos que armazenam temporariamente resíduos eletroeletrônicos na região metropolitana de Belo Horizonte.
- d) Com relação ao Decreto Federal 10.240 de 2 de fevereiro de 2020, foi possível verificar que as varejistas visitadas estão em conformidade com a legislação vigente. Foram identificados os pontos de coleta de e-lixo nas empresas, permitindo que os

consumidores possam descartar corretamente os resíduos eletroeletrônicos de uso doméstico. Além disso, foi constatado que as empresas varejistas estabelecem parcerias com entidades gestoras de logística reversa de lixo eletrônico para o adequado descarte dos resíduos eletrônicos.

7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando os resultados e discussões apresentados no presente trabalho de conclusão de curso, como sugestão para trabalhos futuros propõe-se:

- Realização de novas pesquisas de campo ampliando à região de estudo;
- Estudo da rota utilizada pelas entidades gestoras de logística reversa de lixo eletrônico em Belo Horizonte e Região Metropolitana;
- Levantamento de dados da quantidade produtos eletroeletrônicos descartados após a obrigatoriedade da logística reversa de lixo eletrônico de uso doméstico em Belo Horizonte;
- Realização de estudos que abordam como é realizado a divulgação dos pontos de coleta pelas empresas varejistas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.A.; PAPANDREA, P.J.; CARNEVALI, M.; ANDRADE, A.X.; CORREA, F.P.V.; ANDRADE, M.R.M. Destinação do lixo eletrônico: impactos ambientais causados pelos resíduos tecnológicos. **Revista Científica e-locução**, [s.l], v.1, n.7, p.17, 20 jun. 2015. Disponível em: <https://periodicos.faex.edu.br/index.php/e-Locucacao/article/view/43/28>. Acesso em 06 jan. 2023.

ALVARES, A.R.; MOTA, J. A.; Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos: relatório de pesquisa, 2012. Instituto de pesquisa econômica aplicada. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/situacao_social/131219_relatorio_situacao_social_mat_reciclavel_brasil.pdf. Acesso em 19 mai. 2023.

ARAUJO, E.P.; DA COSTA, J. C.F.; ARAUJO, E.M. Educação ambiental: um estudo sobre a percepção de educandos referente à temática de lixo eletrônico. In: Congresso Nacional de Educação, 2, 2015, Campina Grande. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2015/TRABALHO_EV045_MD4_SA10_ID1046_08092015150947.pdf. Acesso em: 17 mai. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14004**: resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BAKHIYI, B.; GRAVEL, S.; CEBALLOS, D.; FLYANN, M.; ZAYED. Has the question of e-waste opened a Pandora's box? An overview of unpredictable issues and challenges. **Science Direct**, [s.l], v. 110, p. 173-192, jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.10.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160412017314708>. Acesso em 15 jan. 2023.

BALDÉ, C.P.; FORTI, V.; GRAY.V.; KUEHR, R.; STEGMANN, P. The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna. Acesso em: 05 mar. 2023.

BASKARADA, Sasa. Qualitative case study guidelines. The Qualitative Report, Camberra, v.19, n.40. 06 out. 2014. DOI: <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2014.1008>. Disponível em: <https://nsuworks.nova.edu/tqr/vol19/iss40/3/>. Acesso em: 12 fev. 2023.

BRASIL. **Decreto lei nº10.240, de 12 de fevereiro de 2020**. Implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.240-de-12-de-fevereiro-de-2020-243058096>. Acesso em 19 mai. 2023.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Gestão de Resíduos Sólidos. **Eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico**. 2021. Disponível em: <https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/eletroeletronicos/>. Acesso em: 14 mar. 2023.

BEL, G.; BALDÉ, C.P.; FORTI, V.; KUEHR, R. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam. Disponível em: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf. Acesso em 02 mar. 2023.

BOSQUESI, R.M.; FERREIRA, R.L. Lixo eletrônico e seus impactos aos recursos hídricos. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [s/l], v.13, n.7. p.115-131.2018. Disponível em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/meioAmbiente/article/view/960>. Acesso em: 06 fev. 2023.

CABRAL, A. B.; FRANCO, A.S.; MIRANDA, P.R.B.; MOREIRA, C.S.; NASCIMENTO, V.X.N.; MIRANDA, P.R.B. Danos causados à saúde humana pelos metais tóxico presentes no lixo eletrônico. **Diversitas Journal**, Alagoas, v.6, n.2, p.2025-2039, jun.2021. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1626/1367. Acesso em: 20 fev. 2023.

CALLISTER JUNIOR, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia dos materiais**: uma introdução. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 817 p.

CARVALHO, J. V. A.; HELBIG, D. Simulação numérica para análise de deflexões e tensões em placas finas de aço e de materiais compósitos submetidas a esforços de flexão. **Scientia Plena**, Rio Grande, v. 15, n. 4, 2019. DOI: 10.14808/sci.plena.2019.049916. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/4968/2170>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CELINSKI, T. M.; CELINSKI, V.G.; REZENDE, H.G.; FERREIRA, J. S. Perspectivas para reuso e reciclagem do lixo eletrônico. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, II, Ponta Grossa, Paraná. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/III-020.pdf>. Acesso em: 06 fev.2023.

CUI, J.; ZHANG, L. Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review. **Journal of Hazardous Materials**. Noruega, v. 158, p. 228 – 256, 30 out. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389408002161>. Acesso em 08 jan. 2023.

DAMACENO, Andreia Santos de. **Reutilização de lixo eletroeletrônico no design de novos produtos**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Design) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

EUROPEAN WEEK REGISTER NETWORK. WEEE 2- Definition and understading of the 6 categories: definitions misinterpretations, dimensions and measurement of (W)EEE. 2019. Disponível em: https://www.ewrn.org/fileadmin/ewrn/documents/191001_EWRN_Definition_6_categories_fin.pdf. Acesso em 15 jan. 2023.

DIAS, A.; PALMERSTON, S.C.E.; VILELA, V.C.S.O.; MORAIS, L. Escolaridade e percepção ambiental: implantação de condomínio residencial em Jataí/GO. In: Seminário internacional de educação superior SIES, I, p.356-360 2018, Goiás. Disponível em: <https://www.anais.ueg.br/index.php/SIES/article/view/12218>. Acesso em 05 mar. 2023.

FINCO, A.; BRASIL, G. Projeto “e-waste- lixo eletrônico” do Senai/SC em São Miguel do Oeste. **E-tech tecnologia para competitividade industrial**, São Miguel do Oeste, v.3, n.1, 06 mai. 2010. Disponível em: <https://etech.emnuvens.com.br/edicao01/article/view/125>. Acesso em 18 jan. 2023.

FONSECA, Aline. Logística reversa- resíduos eletroeletrônicos. **Sindicato das empresas de coleta, limpeza e industrialização de resíduos de Minas Gerais**. 2021. Disponível em: <https://sindilurb.com.br/logistica-reversa-residuos-eletroeletronicos/>. Acesso em: 20 mai. 2023.

FREIRE, F.A.L.; FAITTA, A.C.J.; MOI, P.C.P.; MOI, G.P.; OLIVEIRA, M.M.; SOUZA, A.P.S. Lixo eletrônico: consequências e possíveis soluções, **Connection line-Revista eletrônica da UNIVAG**, n.7, 2012. Disponível em: <https://periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/article/view/105/390>. Acesso em: 15 abr. 2023.

FREITAS, E. S. C; FREITAS, M.P. Lixo eletrônico: um desafio para a logística reversa e o desenvolvimento sustentável. **Revista Eletrônica SER: Sistemas Engenharia Redes**, [s. l], v.1, p. 37-45. 2016. Disponível em: https://revistaser.fat.edu.br/uploads/articles/Lixo-eletronico-Emmanuelle_Soares.pdf. Acesso em 13 mai. 2023.

GABRIEL, A. P. **Caracterização de reciclagem da carcaça polimérica de monitores de tubos de raios catódicos pós consumo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ciência e Tecnologia dos Materiais) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/75746/000884335.pdf?sequence=1>. Acesso em 08 jan. 2023.

GUIMARÃES, D. F.G.; LATINI, R.O. Destinação final de produtos eletroeletrônicos adotados por empresas e consumidores finais no município de Belo Horizonte (MG). **Acervo da iniciação científica**. Belo horizonte, n.1, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/EDUARDO%20PAES/Downloads/615-1881-1-PB.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

GREEN ELETRON. Resíduos eletrônicos no Brasil, 2021. Disponível em: https://greeneletron.org.br/download/RELATORIO_DE_DADOS.pdf. Acesso em: 10 mar. 2023.

ILANKOON, I.M.S.K.; GHORBANI, Y.; CHONG, M. N.; HERATH, G.; MOYO, T.; PERTERSEN, J. E-waste in the international context – a review of trade flows, regulations, hazards, waste management strategies and technologies for value recovery. **Elsevier**, 2018, p. 258-275, v.82, dez. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X18306366?via%3Dihub>. Acesso em 25 abr. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR. Ciclo de vida dos eletroeletrônicos. Outubro 2013. Disponível em: https://www.idec.org.br/uploads/testes_pesquisas/pdfs/market_analysis.pdf. Acesso em 23 mai. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Governança metropolitana no Brasil: relatório de pesquisa. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/governanca_metropolitana/rel1_1_rmbh.pdf. Acesso em: 18 abr. 2023.

LEITE, P.R.; LAVEZ, A.; SOUZA, V.M. Fatores da logística reversa que influenciam o reaproveitamento do lixo eletrônico- um estudo do setor de informática. Simpósio de Administração de produção logística e operações internacionais- SIMPOI, XXII, São Paulo, 2009. Disponível em: https://limpezapublica.com.br/wp-content/uploads/2019/03/e2009_t00166_pcn20771.pdf. Acesso em 21 abr. 2023.

LINDSAY, André. Três em cada cinco brasileiros têm lixo eletrônico guardado em casa, diz pesquisa. **Mundo Conectado**, 2022. Disponível em: <https://mundoconectado.com.br/noticias/v/25994/tres-em-cada-cinco-brasileiros-tem-lixo-eletronico-guardado-em-casa-diz-pesquisa>. Acesso em 15 mai. 2023.

MAGALHÃES, D.C.S. **Panorama dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE): o lixo eletrônico – e-lixo**. 2011. Dissertação (Mestrado Direito Relações internacionais e Desenvolvimento) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2011. Disponível em: <https://tede2.pucgoias.edu.br/bitstream/tede/3626/2/DIEGO%20DE%20CASTILHO%20SUC%20KOW%20MAGALHAES.pdf>. Acesso em: 02 abr.2023.

MENDONÇA, Ana Waley. Metodologia para estudo de caso, Palhoça, 2014. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/21932/1/fulltext.pdf>. Acesso em: 06. mar. 2023.

MAIELLO, A.; BRITTO, A.L.N.; VALLE, T.F. Implementation of the brazilian national for waste management. **Brazilian Journal of Public Administration**. Rio de Janeiro, v.52, n.1, p.24-51. fev. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/tn3MvKggXHXHfgxw7xZD9Xy/?format=pdf&lang=en>. Acesso em :13 mai. 2023.

MARCHI, Cristina Dacah. Cenário mundial dos resíduos sólidos e o comportamento corporativo brasileiro frente à logística reversa. **Perspectivas em gestão e conhecimento**, João Pessoa, v.1, n.2, p-118-135, dez. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/pgc/article/view/9062/6907>. Acesso em 02 abr. 2023.

MARQUES, D.H.F.; SIQUEIRA, V.S. Gestão e descarte de resíduos eletrônicos em Belo Horizonte: Algumas considerações. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v.13, n.43, p.174-187. out. 2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16704/10525>. Acesso em 15 mai. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Descarte de eletroeletrônico: Brasil avança na solução do descarte de eletroeletrônicos**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/calendario/item/15710-descarte-de-eletroeletr%C3%B4nicos.html>. Acesso em: 09 jan. 2023.

NETO, G. S. A.; CORREIA, A. J. C.; SCHROEDER, A. M. Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: multiple case studies in Brazil and Switzerland. **Resources, Conservation and Recycling**. São Paulo, v. 127, p. 42 – 55. 31 ago. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.011>. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0921344917302501?token=3ED7DF74C6E6D88D8E564328420D5CD1E07609CAB1C292827D4E77A5866B1A486C5C77EFD0195C4E13F0BE94233B3300&originRegion=us-east-1&originCreation=20220119114909>. Acesso em 19 jan. 2023.

NETO, S. P.S; SOUZA, L.A.V; VALLE, M.C.G. Preocupação ambiental: um estudo em cursos da UFRJ na área das ciências humanas e sociais. **Educação Ambiental em Ação**, Rio de Janeiro, n.36, 04 jun. 2011. Disponível em: <https://revistaea.org/artigo.php?idartigo=1044>. Acesso em: 05 mar. 2023.

OLIVEIRA, C. R.; GERBASE, A. E. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 7, p.1486-1492, 30 março 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/KSRbFmmLnnrkxcrKY37QS9m/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 18 jan. 2023.

PACELLI, S. Saiba onde descartar, gratuitamente, seu lixo eletroeletrônico em Belo Horizonte. 2023. **O Tempo**. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/saiba-onde-descartar-gratuitamente-seu-lixo-eletronico-em-belo-horizonte-1.2791507>. Acesso em 10 jun. 2023.

PIRES, Marina. Como descartar lixo eletrônicos obsoletos com segurança e responsabilidade. **Casa cor**. 25 abr. 2022. Disponível em: <https://casacor.abril.com.br/sustentabilidade/descarte-de-lixo-eletronico/>. Acesso em 29 abr. 2023.

SANT'ANNA, P.S.; NATUME, R.Y. Resíduos eletroeletrônicos: Um desafio para o desenvolvimento sustentável e a nova lei de política nacional de resíduos sólidos. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 3., 2011, São Paulo. **Anais**. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/5b/6/natume_ry%20-%20paper%20-%205b6.pdf. Acesso em: 06 fev. 2023.

SANTOS, Débora Ferreira. **Análise da coleta de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos nos “ecopontos” de Belo Horizonte, MG**. 2018. Dissertação (Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/RAOA-BBJQFT/1/disserta__o_final__d_bora_ferreira_dos_santos__2_.pdf. Acesso em 14 jun. 2023.

SANTOS, Jaqueline Guimarães. A logística reversa como ferramenta para sustentabilidade: um estudo sobre a importância das cooperativas de reciclagem na gestão dos resíduos urbanos. **Revista Reuna**, Belo Horizonte, v.17, n.2, p.81-96, 2012. Disponível em: <https://revistas.una.br/reuna/article/view/422/486>. Acesso em: 06 fev. 2023.

SILVAS, F. P. C. **Utilização de hidrometalurgia e biohidrometalurgia para reciclagem de placas de circuito impresso**. 2014. Dissertação (Doutorado em Engenharia Química) -Escola Politécnica da Universidade e São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em:

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-28082015-114810/publico/Tese_FlaviaPaulucciCiangaSilvas.pdf. Acesso em: 20 jan. 2023.

SOUZA, L. P. Brasil tem mais smartphones do que habitantes, aponta levantamento: computadores notebooks, tablets e celulares inteligentes somam 464 milhões. 2023. **Veja**. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/tecnologia/brasil-tem-mais-smartphones-do-que-habitantes-aponta-levantamento#:~:text=Essa%20necessidade%20%C3%A9%20tamanho%20que,que%20o%20total%20da%20popula%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em 01 mai. 2023.

SOUZA, W. B. **Separação de metais com alto valor agregado a partir de placas de circuito impresso**. 2016. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal Dos Vales Do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/1315/1/wagner_barbosa_souza.pdf. Acesso em: 09 fev. 2023.

YYN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. Ed. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://fdocumentos.tips/download/estudo-de-caso-yin-4-ed>. Acesso em 20 abr. 2023.

ZANETTI, M. A. **Avaliação do ciclo de vida dos computadores e o prolongamento da vida útil como alternativa ambiental**. 2010. Dissertação (Mestre em Gestão ambiental) - Universidade Positivo, Curitiba, 2010. Disponível em: <https://repositorio.modulo.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2388/1/Mirieli%20A%20Zanetti.pdf>. Acesso em 25 mar.2023

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA COLETA DE DADOS

Logística Reversa de Materiais Eletroeletrônicos

O termo lixo eletrônico se refere aos produtos eletroeletrônicos quebrados, danificados ou sem utilidade que por algum motivo devem ser descartados. Devido a isso, a quantidade desses resíduos tem aumentado durante os últimos anos.

Diante desse cenário, esse formulário tem como objetivo mapear a percepção de consumidores a respeito da Logística reversa de Materiais Eletroeletrônicos na região Metropolitana de Belo Horizonte.

Conto com a sua participação!

** De acordo com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), os dados são confidenciais e não serão divulgados, servindo apenas para fins de estudos.

1 PERFIL DOS ENTREVISTADOS E CONHECIMENTO SOBRE LIXO ELETRÔNICO

1.1 Gênero

- Feminino
- Masculino

1.2 Faixa etária

- Até 20 anos
- 20 a 30 anos
- 30 a 40 anos
- Acima de 40 anos

1.3 Qual a sua escolaridade?

- Ensino fundamental incompleto
- Ensino fundamental completo
- Ensino médio incompleto
- Ensino médio completo
- Superior incompleto
- Superior completo

Pós graduado

1.4 Como você descarta o seu lixo eletrônico? (Celular, computador, microondas ...)

- Em lixo comum juntamente com o lixo doméstico.
- Levo em ponto de coleta de resíduos eletroeletrônico.
- Não descarto, guardo em casa.
- Faço doação à catadores.
- outro.

1.5 Nos últimos 2 anos qual a quantidade de celulares com defeito/sem utilização você descartou?

- Nenhum
- Até um celular
- Até 2 celulares
- Mais que 3 celulares

1.6 Nos últimos 2 anos qual a quantidade de computador (notebook/ desktop/ tablet) você descartou por defeito/sem utilização?

- Nenhum
- Até um computador
- Até 2 computadores
- Mais que 3 computadores

1.7 Nos equipamentos eletroeletrônicos são encontradas matérias-primas preciosas como ouro, prata, além de cobre e alumínio que podem ser reciclados. Você sabia dessa informação?

- Sim
- Não

1.8 Se descartado de maneira incorreta, o lixo eletrônico pode gerar danos à saúde humana e contaminar rios e solos, devido às substâncias tóxicas presentes em sua composição. Você sabia dessa informação?

- Sim
- Não

2 CONHECIMENTO SOBRE LOGÍSTICA REVERSA DE LIXO ELETRÔNICO

2.1 A Política Nacional de Resíduos Sólidos (instituída em 02 de agosto de 2010) visa a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização desses materiais sólidos.

Você já ouviu falar ou tem conhecimento sobre esta legislação?

Sim

Não

2.2 A Logística reversa é um instrumento importante da Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Caracterizada por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta, a logística reversa tem como objetivo o reaproveitamento dos resíduos sólidos e/ou a destinação final ambientalmente adequada.

Você conhece essa iniciativa?

Sim

Não

2.3 Você conhece alguma empresa que pratica a Logística Reversa de lixo eletrônico?

Sim

Não

2.4 Se você respondeu "SIM" para questão anterior, gentileza inserir nome da empresa

2.5 O Decreto Federal 10.240 (12 de fevereiro de 2020) estabelece normas para a implementação do sistema de logística reversa obrigatória de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes. Você já ouviu falar ou tem conhecimento sobre esse decreto?

Sim

Não

2.6 *Conforme o Decreto Federal 10.240, você conhece algum ponto de coleta de lixo eletroeletrônico em Belo Horizonte ou na Região Metropolitana de BH?*

Sim

Não

2.7 *Se a sua resposta anterior for "SIM", cite os pontos de coleta.*

2.8 *Você sabia que empresas como Apple, Leroy Merlin, Sony, Carrefour, Magazine Luiza, dentre outras, possuem pontos de coleta em suas lojas?*

Sim

Não

2.9 *Você acha que essas políticas públicas são divulgadas de forma abrangente pelo governo?*

Sim

Não

2.10 *Você considera importante a obrigatoriedade da Logística Reversa de lixo eletroeletrônico?*

Sim

Não

2.11 *Esse questionário contribuiu para o seu aprendizado sobre Logística Reversa de lixo eletroeletrônico?*

Sim

Não