

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA

DANIELA ROMÃO MANFIO GOZZI

**A coleta, o tratamento e o descarte de equipamentos eletroeletrônicos de uso doméstico à
luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos**

Lorena

2021

DANIELA ROMÃO MANFIO GOZZI

A coleta, o tratamento e o descarte de equipamentos eletroeletrônicos de uso doméstico à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de engenheira química.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Ferro dos Santos

Lorena

2021

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Gozzi, Daniela Romão Manfio

A coleta, o tratamento e o descarte de
equipamentos eletroeletrônicos de uso doméstico à luz
da Política Nacional de Resíduos Sólidos / Daniela
Romão Manfio Gozzi; orientador Eduardo Ferro dos
Santos. - Lorena, 2021.
82 p.

Monografia apresentada como requisito parcial
para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia
Química - Escola de Engenharia de Lorena da
Universidade de São Paulo. 2021

1. Resíduos eletroeletrônicos. 2. Política nacional
de resíduos sólidos. 3. Logística reversa. 4.
Responsabilidade compartilhada. I. Título. II. dos
Santos, Eduardo Ferro, orient.

GOZZI, Daniela Romão Manfio. **A coleta, o tratamento e o descarte de equipamentos eletroeletrônicos de uso doméstico à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2021.

Aprovado em: 03/03/2021

Banca Examinadora

Prof. Dr. Eduardo Ferro dos Santos

Instituição: Escola de Engenharia de Lorena

Julgamento: Orientador

Prof. Dr. Morun Bernardino Neto

Instituição: Escola de Engenharia de Lorena

Julgamento: Avaliador

Prof. Dra. Érica Leonor Romão

Instituição: Escola de Engenharia de Lorena

Julgamento: Avaliadora

AGRADECIMENTOS

A Deus, por conduzir essa difícil jornada de modo brilhante.

À minha família, que sempre me apoiou e me incentivou a buscar os melhores caminhos e nunca desistir.

Ao meu pai, que me deu suporte nas horas difíceis e reconheceu cada vitória de um jeito especial, sendo meu alicerce.

Aos meus irmãos, pelas visitas e pelo carinho. A minha mãe por nunca me deixar desistir.

Ao meu namorado, por todas as horas de dedicação e apoio.

À minha querida sogra por todo auxílio, carinho e dedicação nessa jornada.

Aos meus grandes mestres de graduação, que me proporcionaram ferramentas para que pudesse me desenvolver, e principalmente ao meu Orientador Eduardo Ferro, pela paciência e carinho nesses três anos de pesquisa.

A todos os pacientes que passaram por minhas mãos, que de um modo especial, me tornaram alguém mais humana, resiliente e guerreira.

“Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio à impossibilidade.
Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível.”

(CHAPLIN, Charles)

RESUMO

GOZZI, Daniela Romão Manfio. **A coleta, o tratamento e o descarte de equipamentos eletroeletrônicos de uso doméstico à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2021.

Estima-se que apenas 17% das 54 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos produzidos no mundo em 2019 foram descartados de maneira ambientalmente correta. Além disso, a venda de equipamentos como computadores, smartphones e notebooks vem crescendo no mundo todo, especialmente nos países emergentes, onde a infraestrutura de gerenciamento de resíduos ainda é frágil ou inexistente. Entre esses países, se encontra o Brasil, que reciclou menos de 2% de todo o seu resíduo eletrônico doméstico em 2019, mesmo sendo o 4º maior produtor mundial deste tipo de lixo. A presença de metais pesados nocivos à saúde e ao meio ambiente na composição destes materiais faz com que a gestão e o gerenciamento do seu descarte sejam fundamentais. Em 2010, o Brasil iniciou, ainda que tardiamente, seu projeto de gestão de Resíduos Sólidos com a criação da Lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) nº 12.305/10, regulamentada posteriormente pelo decreto nº 10.240/20, que introduziu os conceitos de logística reversa e de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos pela primeira vez. O presente trabalho tem por objetivo avaliar o nível de conhecimento sobre a questão do lixo eletroeletrônico entre a população de um município da região metropolitana de São Paulo, além do grau de adesão dos habitantes aos conceitos e práticas apresentadas na lei. Os dados foram obtidos através de uma pesquisa *Survey*, elaborada com base na PNRS e no decreto nº 10.240. Foram selecionadas, ao todo, 18 variáveis de observação. Na análise dos dados foram utilizadas técnicas multivariadas exploratórias, estatística descritiva e inferencial. O trabalho termina chamando a atenção para o número de pessoas que não fazem o descarte adequado dos resíduos eletroeletrônicos e aponta como principais razões para este comportamento: a falta de políticas que promovam a educação ambiental, o desconhecimento da lei, a falta de comprometimento com o tema e a ausência ou o desconhecimento da existência de locais adequados para o descarte correto deste tipo de material nos municípios brasileiros.

Palavras-chave: Resíduos Eletroeletrônicos, Política Nacional de Resíduos Sólidos, Logística Reversa, Responsabilidade Compartilhada.

ABSTRACT

GOZZI, Daniela Romão Manfio. **The collection, treatment and disposal of household electrical and electronic equipment in the light of the National Solid Waste Policy.** Undergraduate Dissertation (Graduation in Chemical Engineer) - School of Engineering of Lorena, University of São Paulo, Lorena, 2021.

It is estimated that only 17% of the 54 million tons of electronic waste produced in 2019 were disposed of in an environmental-friendly manner around the world. In addition, the sale of equipment such as computers, smartphones and notebooks has been growing worldwide, especially in emerging countries, where the waste management infrastructure is still fragile or non-existent. Among these countries is Brazil, which recycled less than 2% of all its domestic electronic waste in 2019, despite being the 4th largest world producer. The presence of heavy metals harmful to health and to the environment in the composition of these materials makes the management of their disposal essential. In 2010, although lately, Brazil started its National Policy on Solid Waste with the creation of the National Solid Waste Policy (NSWP) No. 12,305/10, subsequently regulated by Decree No. 10,240/20, which introduced the concepts of reverse logistics and shared responsibility for the product life cycle for the first time. The present work aims to evaluate the level of knowledge about the electronic waste issue among the population of a municipality in the metropolitan region of São Paulo, and the degree of adherence of the inhabitants to the concepts and practices presented in the law. The data were obtained through a *survey*, prepared based on the NSWP and decree No. 10.240. In total, 18 observation variables were selected. In the data evaluation, exploratory multivariate analysis, descriptive and inferential statistics were used. The work ends by calling attention to the number of people who do not properly dispose of their electronic waste and points out as the main reasons for this behavior: the lack of policies that promote environmental education, the lack of knowledge of the law, the lack of commitment to the theme and the absence or ignorance of the existence of adequate places for the correct disposal of this type of material in Brazilian cities.

Keywords: Electronic waste, Brazilian National Policy on Solid Waste, reverse logistics, shared responsibility model.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Classificação dos tipos de resíduos por cores	20
Figura 2 – Componentes químicos presentes em um aparelho celular.....	24
Figura 3 – Número de artigos publicados no mundo entre 1969 e 2020.....	37
Figura 4 – Lista de Países que mais publicaram artigos sobre <i>e-lixo</i> entre 1969 e 2020.	37
Figura 5 – Word cloud.....	38
Figura 6 – Análise de correlação de Pearson.....	46
Figura 7 – Número de respondentes de acordo com a faixa etária e a frequência de separação do lixo.....	51
Figura 8 – Número de respondentes de acordo com o grau de escolaridade e a frequência de separação do lixo.	52
Figura 9 – Número de respondentes de acordo com o agendamento de coleta em domicílio e a frequência de separação do lixo.	53
Figura 10 – Número de respondentes de acordo com a utilização de ecoponto e a frequência de separação do lixo.	54
Figura 11 – Número de respondentes de acordo com a faixa etária e a aquisição de equipamento na pandemia.	55
Figura 12 – Número de respondentes de acordo com o grau de escolaridade e a aquisição de equipamento na pandemia.	56
Figura 13 – Gráfico biplot da Análise de Componentes Principais, evidenciando as variáveis de acordo com a sua importância nos dois primeiros eixos.	59
Figura 14 – Matriz de correlação 1.....	60
Figura 15 – Matriz de correlação 2.....	60
Figura 16 – Boxplot dos escores dos respondentes nos dois primeiros eixos da ACP em função do grau de escolaridade. Códigos: 1- Ensino Médio; 2- Ensino Superior e 3- Mestrado/Doutorado.	61
Figura 17 – Boxplot dos escores dos respondentes correlacionado a variável Conhecimento das classificações em função da faixa etária, escolaridade e Separação do lixo.	63
Figura 18 – Boxplot dos escores dos respondentes correlacionado a variável agentes responsáveis pela gestão em função da faixa etária, escolaridade e Separação do lixo.	64
Figura 19 – Boxplot dos escores dos respondentes correlacionado a variável agentes responsáveis pela gestão em função da faixa etária, escolaridade e Separação do lixo.	65

Figura 20 – Boxplot dos escores dos respondentes correlacionado a variável agentes responsáveis pela gestão em função da faixa etária, escolaridade e Separação do lixo.....	66
Figura 21 – Boxplot dos escores dos respondentes nos dois primeiros eixos da ACP em função da separação do lixo.....	67
Figura 22 – Boxplot dos escores dos respondentes nos dois primeiros eixos da ACP em função da utilização de ecoponto.....	67
Figura 23 – Diagrama de dispersão dos respondentes de acordo com o grau de escolaridade nos dois primeiros eixos da ACP.....	68
Figura 24 – Gráfico da interação entre os fatores Faixa Etária e Escolaridade, considerando os escores dos respondentes no primeiro eixo da Análise de Componentes Principais.....	69
Figura 25 – Escala de significância	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da origem dos resíduos ABNT	20
Tabela 2 – Componentes químicos presentes nocivos à saúde humana.....	21
Tabela 3 – Componentes químicos presentes em um computador e sua taxa de reciclagem...	22
Tabela 4 – Preço médio dos componentes	25
Tabela 5 – Nível de Confiança	31
Tabela 6 – Variáveis de Observação	40
Tabela 7 – Hipóteses do Questionário	41
Tabela 8 – Análise de Quartis.....	43
Tabela 9 – Número de respondentes de acordo com a faixa etária e a frequência de separação do lixo.....	50
Tabela 10 – Número de respondentes de acordo com o grau de escolaridade e a frequência de separação do lixo.	51
Tabela 11 – Número de respondentes de acordo com o agendamento de coleta em domicílio e a frequência de separação do lixo.....	52
Tabela 12 – Número de respondentes de acordo com a utilização de ecoponto e a frequência de separação do lixo.	53
Tabela 13 – Número de respondentes de acordo com a faixa etária e a aquisição de equipamento na pandemia.	54
Tabela 14 – Número de respondentes de acordo com o grau de escolaridade e a aquisição de equipamento na pandemia.	55
Tabela 15 – Questões ACP	57
Tabela 16 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis e os dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais.	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCOMM	Associação Brasileira de Comércio Eletrônico
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
REEE	Resíduos Eletroeletrônicos

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	9
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	12
SUMÁRIO.....	13
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. MOTIVAÇÃO	15
1.2. JUSTIFICATIVA.....	16
2. OBJETIVOS	18
2.1. OBJETIVO GERAL	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS.....	19
3.1. DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÕES	19
3.2. COMPOSIÇÃO DO LIXO ELETROELETRÔNICO E SEUS EFEITOS NA SAÚDE E NO MEIO AMBIENTE.....	21
3.3. VALOR COMERCIAL.....	24
3.4. ACELERAÇÃO DO CONSUMO DE ELETROELETRÔNICOS NA PANDEMIA.....	25
3.5. LEGISLAÇÃO.....	26
3.6. OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA	29
4. MÉTODO DE PESQUISA	30
4.1. PESQUISA SURVEY.....	30
4.2. ETAPAS DA SURVEY	32
4.2.1. ETAPA 1: Planejamento.....	32
4.2.2. ETAPA 2: Seleção da Amostra	32
4.2.3. ETAPA 3: Obtenção dos dados	32
4.2.4. ETAPA 4: Análise e interpretação dos dados	32

4.2.5.	<i>Etapa 5: Apresentação dos resultados</i>	32
4.3.	ETAPA 1: PLANEJAMENTO	33
4.4.	ETAPA 2: SELEÇÃO DA AMOSTRA	34
4.5.	ETAPA 3: OBTENÇÃO DOS DADOS	35
4.5.1.	<i>Construção do questionário</i>	35
4.5.2.	<i>Protocolo de pesquisa</i>	35
4.5.3.	<i>Variáveis de observação</i>	38
4.5.4.	<i>Seleção das variáveis de observação</i>	39
4.5.5.	<i>Envio do Questionário</i>	41
4.6.	ETAPA 4: ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.	42
4.6.1.	<i>Estatística Descritiva</i>	42
4.6.2.	<i>Estatística Inferencial</i>	44
4.6.2.2	<i>Análise de correlação:</i>	45
4.6.2.3	<i>Coefficiente de Correlação Linear de Pearson (r):</i>	45
4.6.2.4	<i>Análise de componentes principais (ACP):</i>	46
4.6.2.5	<i>Análise de Goodman-Kruskal (Gamma)</i>	47
4.6.2.6	<i>Análise de Variância (ANOVA)</i>	47
4.7.	ETAPA 5: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	48
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
5.1.	PLANEJAMENTO.....	48
5.2.	SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	49
5.3.	OBTENÇÃO DA AMOSTRA.....	49
5.4.	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	49
5.5.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.	49
5.5.1.	<i>Teste do qui-quadrado de independência (χ^2)</i>	49
	<i>Análise 1 - Frequência na separação do lixo</i>	49
	<i>Análise 2 - Aquisição de equipamento durante a pandemia</i>	54
5.5.2.	<i>Análise de componentes principais (ACP)</i>	57
5.5.2.1	<i>Resultado Goodman-Kruskal</i>	62
5.5.3.	<i>Boxplot</i>	62
5.5.4.	<i>Análise de Variâncias (ANOVA)</i>	68
6.	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	71

6.1.	CONCLUSÕES	71
6.2.	TRABALHOS FUTUROS	72
REFERÊNCIAS		74
ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO SURVEY.....		77

1. INTRODUÇÃO

Promover a sustentabilidade do planeta é conferir longevidade e qualidade de vida a todos. ADRIAN et al. (2020) definem sustentabilidade como “o ponto de equilíbrio entre o desenvolvimento e o suprimento das necessidades atuais sem comprometer a habilidade das gerações futuras em atender suas próprias necessidades”. Este conceito vem ao encontro dos objetivos deste projeto, cujo principal objetivo é compreender o nível de conhecimento e aderência dos moradores do município de Barueri sobre a Política nacional de resíduos sólidos, lei brasileira promulgada em 2010, que está em consonância aos valores de sustentabilidade e promoção social.

1.1. MOTIVAÇÃO

Durante a graduação participei de um projeto de extensão relacionado a implantação de um Eco Ponto. O projeto busca promover a educação ambiental e a sustentabilidade de resíduos eletroeletrônicos a partir da gestão do descarte de resíduos no município de Lorena, localizado no estado de São Paulo. É uma parceria entre a Universidade de São Paulo e a Prefeitura Municipal, que inclui ações praticadas por professores, alunos, comunidade local e secretarias do município.

Os conceitos de logística reversa e de responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos, presentes na Lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos são peças-chave do projeto. As razões para a criação deste projeto foram de desenvolver uma atividade sustentável utilizando os recursos e as parcerias da universidade, deixando um legado pessoal de educação ambiental na cidade que me acolheu por seis anos. Participei do projeto desde sua estruturação até o início da implantação do espaço, etapas que duraram cerca de dois anos. Com o término da graduação finalizei minhas atividades, contudo o projeto continua com o trabalho de novos estudantes.

De acordo com a Lei nº12.305/10 - PNRS em seu Art. 3º, inciso XII a logística reversa trata:

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

De acordo com a Lei nº12.305/10 - PNRS em seu Art. 3º, inciso XVII a responsabilidade compartilhada trata:

“conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei” (BRASIL, 2010).

O projeto foi desenvolvido com três principais objetivos:

1. Geração de renda junto a cooperativas de catadores de lixo;
2. Promoção da sustentabilidade através do descarte e do reuso adequados dos materiais;

Adoção de medidas educativas através de cursos de capacitação em eletrônica e mecatrônica com os resíduos recuperados e transformados;

O projeto continuou e por ser conferido no site www.ecomaker.com.br (ECO MAKER, 2020).

1.2. JUSTIFICATIVA

A produção acentuada de resíduos sólidos domésticos, em especial os resíduos eletroeletrônicos, tornou-se um problema de âmbito mundial (ADRIAN et al., 2020). De acordo com (ADRIAN et al., 2020), a geração de resíduos eletrônicos atingiu um recorde de 53,6 milhões de toneladas em todo o mundo, representando um aumento de 21% em um intervalo de cinco anos. Neste mesmo ano, apenas 17,4% de todos os resíduos eletrônicos gerados foram descartados, coletados e reciclados de uma maneira ambientalmente correta. No ano anterior, em 2018, o descarte ou a queima de 44,27 milhões de toneladas de eletrônicos fez com que se deixasse de arrecadar cerca de 57 bilhões de dólares em materiais de alto valor como ouro, platina e cobre, valor superior ao PIB de alguns países (ADRIAN et al., 2020).

Resíduos eletrônicos também podem causar sérios danos à saúde e ao meio ambiente. Componentes tóxicos presentes em sua composição como chumbo, mercúrio, cádmio entre outros elementos químicos têm alto potencial de contaminar seres vivos, o meio ambiente e o

ar quando submetidos à combustão (DUARTE et al., 2020). Anualmente, estima-se que 50 toneladas de mercúrio usados em aparelhos eletrônicos estejam contidos em fluxos não documentados de resíduos eletrônicos (ADRIAN et al., 2020). Estes componentes tóxicos estão relacionados a patologias como cefaleia, náuseas, perda momentânea da visão, problemas respiratórios, problemas pulmonares, perda da audição, entre outras doenças que podem diminuir significativamente a expectativa de vida das pessoas (ADRIAN et al., 2020).

Para TARROTTI e LARENTIS (2018), a indústria 4.0, responsável pelo desenvolvimento e introdução de novas tecnologias no planeta, também é responsável por fabricar milhares de equipamentos como notebooks e desktops que dentro de 3 a 5 anos acabam se tornando resíduos. O sucateamento acelerado dos equipamentos eletrônicos, termo conhecido como “obsolescência programada”, aumentou em 20% a taxa de crescimento destes resíduos nos últimos 5 anos (GROSSI, 2011).

Uma das razões que dificultam a gestão doméstica individual de resíduos eletrônicos é a falta de conhecimento sobre o que fazer na hora da sua destinação final. Muitas pessoas acabam descartando os resíduos eletrônicos em lixo doméstico comum, que acabam indo parar em lixões ou aterros sanitários. Como consequência do descarte incorreto, substâncias tóxicas são liberadas e entram em contato com os seres vivos e o meio ambiente, gerando complicações sérias por meio da ingestão e do contato com essas substâncias (MARCHI, 2011).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o nível de conhecimento sobre a questão do lixo eletroeletrônico entre a população em um município da região metropolitana de São Paulo, além do grau de adesão dos habitantes aos conceitos e práticas apresentadas na lei de política nacional de resíduos sólidos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever aspectos da atual situação da legislação ambiental em relação aos resíduos sólidos e eletroeletrônicos no Brasil.
- Estudar o comportamento dos moradores de Barueri quanto à separação e destinação correta dos resíduos eletroeletrônicos de uso doméstico.
- Levantar os benefícios da coleta e do tratamento correto dos resíduos eletroeletrônicos.
- Levantar dados sobre os riscos e os malefícios ocasionados pelo descarte incorreto dos resíduos eletroeletrônicos.
- Avaliar a familiaridade dos habitantes de Barueri com o tema do lixo eletroeletrônico.
- Verificar o conhecimento da sociedade sobre os conceitos de logística reversa e de responsabilidade compartilhada sobre o ciclo de vida dos produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico.
- Levantar hipóteses e razões para o descarte incorreto de equipamentos eletrônicos pelos consumidores, mesmo em cidades mais desenvolvidas onde existe a coleta seletiva desses resíduos.

3. RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

3.1. DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÕES

Lixo eletrônico, resíduo eletrônico ou resíduo eletroeletrônico (REEE) são nomenclaturas contemporâneas para designar todo e qualquer resíduo proveniente de um material eletrônico descartado, obsoleto ou sem utilidade aparente (SANTOS, 2018).

De acordo com CERETA E FAVERA (2008) define-se resíduo eletrônico como todo resíduo resultante da obsolescência de equipamentos eletrônicos. Nestes estão incluídos aparelhos compostos por circuitos eletrônicos como notebooks, celulares, computadores, impressoras etc.

Os REEE são também o tipo de resíduo que atualmente mais cresce no mundo, dado o acelerado mercado de eletrônicos combinado à rapidez com que se tornam obsoletos (QUINTANA e BENETTI, 2016).

Segundo Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) “equipamentos eletroeletrônicos são todos aqueles produtos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos para funcionar”. Podem ser divididos em quatro categorias amplas:

- Linha Branca: refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar.
- Linha Marrom: monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras.
- Linha Azul: batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras.
- Linha Verde: computadores desktop e laptops, acessórios de informática, tablets e telefones celulares.

Figura 1 – Classificação dos tipos de resíduos por cores



Fontes: (MARIA et al., 2013)

De acordo com a MAGERA (2012), os resíduos são classificados de acordo com sua origem ou atividade de produção. Conhecer sua atividade produtora fornece importantes informações de sua composição, principalmente química, para assim definir sua gestão e tratamento específico. Os resíduos podem ter diversas origens como: atividades industriais, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, público, nuclear, entulho e eletrônico (KRAEMER, 2004).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criou, em 2004, a norma brasileira 10.004 (NR/2004) que classifica os resíduos sólidos a partir dos seus potenciais riscos à saúde e ao meio ambiente. MAGERA (2012) faz um resumo das principais características de cada classificação da ABNT, conforme disposto na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação da origem dos resíduos ABNT

Classificação do Lixo	Origem/Composição
Lixo Doméstico	Tem sua origem na vida diária, produzido nos domicílios, residências, compostos basicamente por sobras de alimentos, cascas de frutas, verduras, embalagens plásticas, metal, vidro, papel etc.
Lixo Comercial	Originado em estabelecimentos comerciais e de serviços, como bancos, instituições financeiras, supermercados, escritórios, tendo em sua maior composição materiais inorgânicos como: papel, papelão, embalagens etc.
Lixo Industrial	Restos de aparas, rejeitos e outros
Lixo Hospitalar	Tem sua origem em ambulatórios, hospitais, laboratórios de exames clínicos: tais como: seringas, gases, tecidos removidos, culturas, luvas descartáveis, medicamentos, filmes fotográficos de raio X, restos de alimentos dos pacientes etc. Todos esses materiais requerem especial atenção e possuem normas específicas para coleta e destinação
Lixo Público	Originado dos serviços públicos de limpeza urbana, varrições das vias públicas, limpeza de parques etc.

Classificação do Lixo	Origem/Composição
Lixo Agrícola	Oriundos de resíduos sólidos das atividades agrícolas e da pecuária, embalagens de fertilizantes e defensivos agrícolas, que são altamente tóxicos e que também possuem coleta e destinação diferenciada
Lixo de Entulho	Restos da construção civil, materiais de demolição, sobras de materiais como pisos, azulejos, tijolos etc.
Lixo Eletrônico	Todo material eletrônico descartado após o uso como: geladeira, máquinas de impressão, rádios, liquidificadores, aparelhos elétricos domésticos, placas de circuito impresso, notebook, teclados, mouse, monitores etc.

Fonte: MAGERA (2012)

3.2. COMPOSIÇÃO DO LIXO ELETROELETRÔNICO E SEUS EFEITOS NA SAÚDE E NO MEIO AMBIENTE

A composição química dos resíduos eletrônicos é muito variada, abrangendo quase a totalidade dos elementos da tabela periódica. O descarte inadequado desses resíduos faz com que componentes tóxicos como metais pesados presentes em circuitos e placas impactem o meio ambiente (PALLONE, 2008).

O contato ou o consumo humano de água contaminada por esses componentes, pode ocasionar desde uma simples dor de cabeça e vômitos, até problemas nos sistema digestivo, neurológico, respiratório, cardiovascular, entre outros.

A Tabela 2 classifica a origem dos componentes químicos dos equipamentos eletroeletrônicos, especificando seu método de contaminação e seu efeito no corpo humano (PALLONE, 2008).

Tabela 2 – Componentes químicos presentes nocivos à saúde humana.

Substância	Origem	Contaminação	Efeitos
Mercúrio	Computadores, monitor, televisão de tela plana	Inalação, toque	Problemas de estômago, distúrbios renais e neurológicos, alterações genéticas e no metabolismo
Cádmio	Computador, monitor de tubo e baterias de laptops	Inalação e toque	Agente cancerígeno, afeta o sistema nervoso, provoca dores reumáticas, distúrbios metabólicos e problemas pulmonares
Arsênio	Celulares	Inalação e toque	Agente cancerígeno, afeta o sistema nervoso e cutâneo
Zinco	Baterias de celulares e laptops	Inalação	Provoca vômitos, diarreias e problemas pulmonares
Manganês	Computadores e celulares	Inalação	Anemia, dores abdominais, vômito, seborreia, impotência, tremor nas mãos e perturbações emocionais
Cloreto de Amônia	Baterias de celulares e laptops	Inalação	Acumula-se no organismo e provoca asfixia

Substância	Origem	Contaminação	Efeitos
Chumbo	Computadores, celular e televisão	Inalação e toque	Irritabilidade, tremores musculares, lentidão de raciocínio, alucinação, insônia e hiperatividade
PVC	Usado em fios para isolar correntes	Inalação	Problemas respiratórios

Fonte: (PALLONE, 2008).

Os resíduos eletrônicos provenientes de computadores possuem diversas composições, sendo: 49,7% de ferro e aço, utilizados em gabinetes e molduras; 20,6% de plástico, empregado em gabinetes e em embalagem de cabos e placas de circuito; 7% de cobre, 4,7% de alumínio presentes nos cabos; 5,4% de vidro, utilizado em telas e mostradores. O restante é composto de materiais como madeira, borracha, cerâmica, concreto e outros metais não ferrosos (CROWE et al, 2003).

Na Tabela 3, apresentam-se os principais materiais utilizados da fabricação de um computador pessoal e a porcentagem passível de reciclagem.

Tabela 3 – Componentes químicos presentes em um computador e sua taxa de reciclagem

Material	% em relação ao peso do computador	% que pode ser reciclada	Localização no Computador
Plástico	22,9907	20%	Revestimento da CPU e monitores. Inclui compostos orgânicos e outros óxidos de sílica
Chumbo	6,2988	5%	Estruturas metálicas do computador, placas de circuito impresso, tubos de catódicos de monitores
Alumínio	14,1720	80%	Condutores, tubo de raios catódicos de monitores, placas de circuito impresso
Germânio	0,0016	0%	Placas de circuito impresso
Gálio	0,0013	0%	Placas de circuito impresso
Ferro	20,4710	80%	Estruturas metálicas do computador
Estanho	1,0070	70%	Fios e cabos, placas de circuito impresso, tubos de raios catódicos e monitores
Cobre	6,9280	0%	Válvulas eletrônicas
Níquel	0,8503	60%	Estruturas metálica do computador, placas de circuitos impressos, tubos de catódicos de monitores
Zinco	22,0460	60%	Baterias
Tântalo	0,0157	0%	Placas de circuito impresso, fontes de energia
Índio	0,0016	60%	Placas de circuito impresso
Vanádio	0,0002	0%	Tubos de raios catódicos de monitores
Berílio	0,0157	0%	Conectores de fios e cabos
Ouro	0,0016	98%	Placas de circuito impresso, condutores elétricos
Európio	0,0002	0%	Placas de circuito impresso
Titânio	0,0157	0%	Estruturas metálicas do computador

Material	% em relação ao peso do computador	% que pode ser reciclada	Localização no Computador
Cobalto	0,0157	85%	Placas de circuitos impressos, tubos de catódicos de monitores
Rutênio	0,0016	80%	Placas de circuito impresso
Paládio	0,0030	95%	Placas de circuito impresso, condutores elétricos
Manganês	0,0150	95%	Placas de circuito impresso, condutores elétricos
Antinomia	0,0094	0%	Tubos de raios catódicos de monitores, placas de circuito impresso
Bismuto	0,0063	0%	Tubos de raios catódicos de monitores, placas de circuito impresso
Cromo	0,0063	0%	Estrutura metálica do computador
Cádmio	0,0094	0%	Baterias
Selênio	0,0016	70%	Placas de circuito impresso
Nióbio	0,0002	0%	Estrutura metálica do computador
Ítrio	0,0002	0%	Tubo de raios catódicos de monitores
Mercúrio	0,0022	0%	Placas de circuitos impresso
Arsênio	0,0013	0%	Circuitos Integrados
Sílica	24,8800	0%	Vidro do monitor
Ouro	0,0016	98%	Placas de circuito impresso, condutores elétricos
Európio	0,0002	0%	Placas de circuito impresso
Titânio	0,0157	0%	Estruturas metálicas do computador
Cobalto	0,0157	85%	Placas de circuitos impressos, tubos de catódicos de monitores
Rutênio	0,0016	80%	Placas de circuito impresso
Paládio	0,0030	95%	Placas de circuito impresso, condutores elétricos
Manganês	0,0150	95%	Placas de circuito impresso, condutores elétricos
Antinomia	0,0094	0%	Tubos de raios catódicos de monitores, placas de circuito impresso
Bismuto	0,0063	0%	Tubos de raios catódicos de monitores, placas de circuito impresso
Cromo	0,0063	0%	Estrutura metálica do computador
Cádmio	0,0094	0%	Baterias
Selênio	0,0016	70%	Placas de circuito impresso
Nióbio	0,0002	0%	Estrutura metálica do computador
Ítrio	0,0002	0%	Tubo de raios catódicos de monitores
Mercúrio	0,0022	0%	Placas de circuitos impresso
Arsênio	0,0013	0%	Circuitos Integrados
Sílica	24,8800	0%	Vidro do monitor

Fonte: (PEDERSEN, 1995).

O telefone celular possui cerca de 48 elementos químicos da tabela periódica, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Componentes químicos presentes em um aparelho celular

Material content of mobile phone

mobile phone substance (source Nokia)

Fonte: (ADRIAN et al., 2020)

Durante a produção industrial dos aparelhos eletrônicos, há intensa utilização de matérias-primas como água, energia elétrica, plásticos e diversos metais pesados tais como bário, bromo, chumbo, cádmio, lítio, mercúrio e níquel (KRAEMER, 2004).

A demanda anual de ouro para a fabricação de eletroeletrônicos é de aproximadamente 300 toneladas. São emitidas cerca de 17.000 toneladas de CO₂ na atmosfera por tonelada de metal extraído, ou seja, somente esta atividade lança cerca de 5,1 milhões de toneladas de gás carbônico na atmosfera todos os anos (MAURER et al., 2009).

A aplicação das práticas corretas de tratamento de resíduos sólidos evita não apenas a contaminação do solo, da água e do ar, como também reduz a necessidade de matérias primas bem como a degradação do meio ambiente ocasionada pela mineração. A reciclagem dos metais, processo que consiste em retirar metais preciosos das placas de equipamentos eletrônicos e reintroduzi-los novamente na cadeia produtiva, por exemplo, reduz a necessidade de novas retiradas da natureza (LIRA et al, 2013).

O emprego da tecnologia é um grande aliado na otimização dos processos de reciclagem, melhorando sua eficiência e rapidez dos processos, o que contribui de forma substancial para a logística reversa. Contudo, os investimentos empregados não são suficientes para acompanhar demanda mundial (BECKER, 2012).

3.3. VALOR COMERCIAL

O interesse pela reciclagem de resíduos eletroeletrônicos ganhou expressividade nos últimos 15 anos. A reciclagem dos metais nobres presentes na composição dos eletroeletrônicos

tornou-se rentável e economicamente viável, cenário diferente dos anos 2000. Este foi um dos principais motivos que fizeram com que os REEE ganhassem espaço em cooperativas de reciclagem (ARAÚJO e COSTA, 2015).

Os resíduos eletroeletrônicos possuem diversos metais nobres em sua composição, como exemplo a prata, o ouro, o paládio, a platina e o cobre. Os antigos processadores chegavam a conter até 4g de ouro (WIDMER et al., 2005). Geralmente, este tipo de material é utilizado em ligas de contato entre soldas, cabos, capacitores, conectores, entre outros. Por isso, sua reciclagem é altamente rentável e possui constante demanda, mas em alguns casos a extração desses elementos requer alta tecnologia e capacitação humana adequada.

A Tabela 4 apresenta os preços médios pago por cada componente de um computador:

Tabela 4 – Preço médio dos componentes	
Material	Preço (kg)
Placa Mãe	R\$ 10,70
HD	R\$ 3,20
Memória	R\$ 25,00
Processador	R\$ 50,00
Fonte	R\$ 0,90
Cabo Flat	R\$ 1,40
Teclado	R\$ 0,10
Cabos	R\$ 2,20
Ventoinha	R\$ 0,30

Fonte: (CARVALHO et al., 2012).

Embora os equipamentos eletrônicos tenham componentes com alto valor agregado, o Brasil recicla apenas 2% de todo seu lixo eletrônico, um grande desperdício do ponto de vista econômico e social quando se pensa no dano causado à natureza durante a extração de novas matérias-primas e no acúmulo de lixo em lixões ou aterros sanitários (FERREIRA et al, 2010).

Em 2015, o governo brasileiro estimou que a reciclagem do lixo eletrônico tem potencial para gerar dez mil empregos e injetar R\$ 700 milhões na economia brasileira (VILELA, 2008).

3.4. ACELERAÇÃO DO CONSUMO DE ELETROELETRÔNICOS NA PANDEMIA

As mudanças de hábitos durante a pandemia da Covid-19 aceleraram o consumo de eletrônicos e eletroportáteis através do varejo digital. A maior procura por produtos que auxiliam os indivíduos na rotina doméstica e no trabalho em casa elevou o consumo desse tipo

de produto. A venda de aspiradores de pó, por exemplo, cresceu 351%, enquanto a venda de notebooks e tablets cresceu 176% desde março de 2020 (ABCOMM, 2020).

Segundo a Associação Brasileira de Comércio Eletrônico (2020), houve um crescimento de 52% no setor entre março e maio de 2020, quando diversas cidades no Brasil decretaram o isolamento social. A venda de equipamentos eletrônicos apresentou uma alta de 68,4% e a venda de eletroportáteis um crescimento de 85,7% (ABCOMM, 2020).

O isolamento social veio acompanhado da ampla adoção do trabalho a partir de casa e do ensino a distância através da internet. Para se ter uma ideia, cerca de 46% das empresas brasileiras adotaram esse novo esquema de trabalho. Esse fenômeno foi o principal responsável pelo crescimento do setor de equipamentos eletrônicos no país (ABCOMM, 2020).

Estima-se que a vida útil de um notebook seja de 3 a 5 anos, ainda que esses equipamentos sejam projetados pelas indústrias para durar cerca de 10 anos. Assim, nos próximos anos haverá um incremento substancial de resíduos eletrônicos, fato agravado pelas mudanças de hábito da população ocasionadas pela pandemia (ACOSTA e WEGNER, 2008).

O decreto nº 10.240 de 12 de fevereiro de 2020, decreto que introduz o conceito de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico, apresenta possíveis caminhos para que esses equipamentos sejam descartados de modo ambientalmente correto.

3.5. LEGISLAÇÃO

Considerada um marco histórico na gestão ambiental no Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 de 2010, apresenta uma visão contemporânea no combate aos resíduos urbanos. Tendo como um dos princípios a responsabilidade compartilhada entre governo, empresas e população a legislação estimula o retorno dos materiais descartados às indústrias após o consumo, por meio da logística reversa. Fica ao cargo do poder público a apresentação de um plano de gerenciamento dos resíduos que envolvam as esferas federal, estadual, municipal. (MILANEZ e BUHRS, 2009).

De acordo com CRUZ et al (2016) a PNRS tem como pilares:

1. A redução, não geração, reciclagem, reuso, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos;

2. Estimular a prática de atividades sustentáveis como o aprimoramento de tecnologias limpas a fim de minimizar os impactos ambientais;
3. Incentivo à indústria da reciclagem e seus catadores com o uso de matérias primas derivadas de materiais reciclados;
4. Gestão integrada dos resíduos sólidos que envolvam todos os agentes consumidores da cadeia de consumo, são eles: fabricantes, importadores, distribuidores, consumidores e comerciantes;
5. Estímulo à educação ambiental como promoção de sustentabilidade e redução de recursos, com a disposição de pontos de recolhimento dos resíduos pela cidade;
6. Articular diferentes esferas do poder público com o setor empresarial, visando à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;
7. Incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;
8. Eliminação dos lixões até 2024.
9. Criar um grupo de acompanhamento e orientação, GAP, para fiscalizar a aplicação da referida lei de acordo com o cronograma estipulado.

Com isso, a PNRS visa, entre outros aspectos, à proteção da saúde pública, da qualidade ambiental e à disposição final ambientalmente adequada ficando a competência dos municípios a gestão dos resíduos sólidos neles gerados, por meio do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Este plano deve contemplar o conteúdo mínimo descrito na PNRS. As providências tomadas pelos municípios devem fazer parte do conceito de gerenciamento integrado dos resíduos que envolvem diferentes abordagens e soluções, incluindo desde a reciclagem até a disposição dos rejeitos em aterros sanitários, sempre de acordo com os critérios legais (CRUZ et al, 2016).

Ainda, como uma das metas, o país deve possuir até 2025 ao menos 5 mil pontos de coleta e destinação de resíduos eletroeletrônicos, espalhados entre 400 cidades, as quais concentram cerca de 60% da população. Municípios com mais de 80 mil habitantes deverão ter um ponto de coleta para cada 25 mil habitantes. Cidades menores poderão fazer campanhas móveis de coleta ou estabelecer esquemas consorciados (OLIVEIRAS, 2014).

A PNRS, de acordo com OLIVEIRAS (2014), atribui a cada órgão responsável pelo ciclo de vida do produto sua responsabilidade, são elas:

Municípios e Distrito Federal:

- Dar subsídios para a realização da gestão dos resíduos sólidos em seus territórios;
- Obter acesso a recursos financeiros da união na elaboração de Planos de Gestão Integrada de Resíduos sólidos;
- Mapeamento da situação dos resíduos sólidos, identificando locais para disposição final adequada;
- Desenvolver indicadores e desenvolver políticas de tratamento de resíduos sólidos;
- Prover de estrutura necessária através de postos de coleta para estes resíduos, promovendo a destinação final ambientalmente adequada aos rejeitos;

Fabricantes, distribuidores e comerciantes:

- Priorizar o processo de logística reversa, como estratégico;
- Elaborar planos de comunicação e de educação ambiental com o objetivo de divulgar a implantação do sistema de logística;
- Prover ecopontos para receber, acondicionar e armazenar temporariamente os resíduos, responsabilizando-se pela coleta, destinação e reutilização das embalagens pós-consumo (responsabilidade compartilhada);
- disponibilizar aos órgãos competentes relatórios para verificação do cumprimento das ações de sua responsabilidade;

Consumidores:

- Realizar a coleta seletiva dos resíduos sólidos e disponibilizá-los para a coleta das empresas titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;
- Acondicionar, disponibilizar para a coleta, dar tratamento e disposição final ambientalmente correta aos rejeitos;

3.6. OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA

A obsolescência programada é o termo dado ao encurtamento de vida dos materiais eletrônicos feito de maneira proposital, o que colabora substancialmente para o aumento da quantidade de material eletrônico descartado (RIGOTTI, 2011).

Para ACOSTA e WEGNER (2008), ainda que a vida útil estimada de computadores seja de dez anos, na prática, após os três ou quatro primeiros anos de utilização eles se tornam obsoletos devido às exigências de novos programas ou novas versões dos sistemas operativos.

O hábito de descartar apenas aquilo que estragava ou se tornava velho não é mais uma realidade. Nos tempos atuais, é cada vez mais frequente as pessoas abandonarem produtos quase novos e ainda em bom estado, apenas pelo intuito de comprar outro com nova tecnologia ou design considerado mais moderno (ACOSTA e WEGNER, 2008).

Segundo MENDES et al (2014) a indústria da informática era considerada uma indústria limpa, pois seria capaz de proporcionar a redução do uso do papel, promover a redução dos deslocamentos com o advento da internet, etc. No entanto, de acordo com QUINTIERI (2020) para produzir um chip de memória para computadores de apenas dois gramas requer mais de um quilo de químicos e combustíveis fósseis. Ou seja, 630 vezes o peso final do chip.

4. MÉTODO DE PESQUISA

Um método de pesquisa é um conjunto de procedimentos e técnicas utilizadas para se coletar e analisar dados. O método fornece os meios para alcançar o objetivo proposto, ou seja, as ferramentas das quais faz-se uso na pesquisa, a fim de responder à pergunta em questão (STRAUSS e CORBIN, 1998).

4.1. PESQUISA SURVEY

A pesquisa Survey é um método de pesquisa que envolve a coleta sistemática de informações, dados e opiniões de um determinado grupo a partir de um instrumento de pesquisa, normalmente um questionário. A aplicação do método tem como características a otimização de custo e tempo de execução. O principal aspecto deste método é que a coleta dos dados da amostra é realizada em um único intervalo de tempo (MARTINS et al, 2011).

A *Survey* é apropriada em duas circunstâncias: quando há interesse em controlar as variáveis de estudo e quando o foco da pesquisa é responder as perguntas de qual, como e por que determinado comportamento está acontecendo. Normalmente, são pesquisas que ocorrem no presente ou passado recente (MARTINS et al, 2011).

Uma Survey pode ter três finalidades, de acordo com BABBIE (1999), são elas:

- Descritivas: Tenta descobrir “a distribuição de certos traços e atributos” da população estudada. O objetivo do pesquisador não é descobrir o porquê de uma distribuição e sim como ela é ou se comporta.
- Explicativa: Visa explicar a distribuição observada. Neste caso, o pesquisador tem a preocupação do porquê da distribuição existente.
- Exploratória: Funciona como um mecanismo exploratório, aplicado em uma situação de investigação inicial de algum tema.

O processo de amostragem é composto pela definição da população-alvo, do contexto, do método da amostragem, do tamanho e da seleção da amostra. As amostras podem ser de dois tipos: probabilística, quando há garantia de equiprobabilidade da seleção dos indivíduos ou não probabilística, quando não há garantia de aleatoriedade na escolha dos elementos da amostra (PARANHOS et al., 2014). O tamanho da população representa o número total de pessoas do grupo a ser estudado.

A seleção de uma amostra do grupo de estudo pode provocar divergência de resultados em relação à população total, o que chamamos de margem de erro. A margem de erro indica a aderência da amostra em relação a população total, quanto menor o erro mais próximo da resposta exata com um nível/grau de confiança específico (SURVEY MONKEY, 2020).

O nível de confiança ou também chamado de margem de erro é uma porcentagem que exhibe o quanto sua amostra selecionaria uma resposta dentro do intervalo da população de estudo. É uma forma de medir a eficácia da pesquisa. Quanto menor o erro mais confiança se tem nos resultados e vice e versa. O nível de confiança adotado na pesquisa foi de 95%, ou seja, tem-se a confiança que 95% dos resultados estão dentro do intervalo determinado (SURVEY MONKEY, 2020).

O calculo da margem de erro se dá conforme a equação (1):

$$\text{Margem de Erro} = Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

n = tamanho da amostra

σ = desvio padrão da população

Z = escore z

Para o calculo do escore z , ou seja, o número de desvios padrão entre determinada proporção e a média, foi utilizado a Tabela 5:

Tabela 5 – Nível de Confiança	
Nível de confiança desejado	Escore z
80%	1,28
85%	1,44
90%	1,65
95%	1,96
99%	2,58

Fonte: (SURVEY MONKEY, 2020)

4.2. ETAPAS DA SURVEY

O desenvolvimento e o planejamento de uma Survey envolvem a construção de 5 etapas. Essas etapas envolvem desde o levantamento do tema, a definição de público-alvo, a escolha dos métodos de coletas de dados, a análise e o tratamento dos resultados. Essas etapas serão melhor explicadas adiante (PARANHOS et al., 2014).

4.2.1. ETAPA 1: PLANEJAMENTO

É na etapa do planejamento que é definido o plano de pesquisa. São levantadas as questões a serem estudadas, o tema, as hipóteses exploradas e os objetivos. Descreve-se o método de estudo, de obtenção de insumos e seleciona-se algumas referências bibliográficas. Para o presente trabalho foram definidas 18 hipóteses de estudo fundamentadas em 18 variáveis de observação descritas em um questionário Survey.

4.2.2. ETAPA 2: SELEÇÃO DA AMOSTRA

A etapa de seleção da amostra busca delimitar a população de estudo da pesquisa que serão retirados os dados. Busca-se entender, ainda que de modo preliminar, se os dados a serem estudados serão significativos e exprimirão os resultados esperados.

4.2.3. ETAPA 3: OBTENÇÃO DOS DADOS

Nesta etapa é definida qual será o instrumento de coleta dos dados. Para a obtenção dos dados foi desenvolvido um questionário descritivo e exploratório a fim de fomentar insumos para testar as hipóteses de estudo. O questionário usado foi do tipo Survey e contou com perguntas fechadas, dicotômicas e de múltiplas escolhas.

4.2.4. ETAPA 4: ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Nesta etapa busca-se delimitar como o método de estudo será analisado e como os resultados exprimirão resultados significativos. Para a análise e interpretação dos dados foram utilizados métodos estatísticos descritivos e métodos inferenciais que serão explicados a diante.

4.2.5. ETAPA 5: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta etapa os dados colhidos são tratados de modo a exprimir ou não valores significativos e serão posteriormente organizados em formatos mais visuais como tabelas, gráficos etc. Ao final, comparam-se os resultados obtidos com os objetivos iniciais para aferir se os resultados se aproximam ou se afastam da proposta. No trabalho os resultados

foram apresentados com o uso de tabelas, gráficos de barra, diagramas de dispersão e boxplots.

4.3. ETAPA 1: PLANEJAMENTO

A razão que motivou a escolha do tema central desta pesquisa, como sendo lixo eletrônico, teve início com o projeto de extensão desenvolvido durante a minha graduação, conforme explicado na motivação. Como plano inicial, foi escolhido o uso da metodologia Survey, pois o estudo tem como objetivo testar hipóteses a partir de variáveis qualitativas e quantitativas, com o uso de um questionário.

Para isso, a partir da leitura e interpretação da Lei nº 12.305/10 - Política Nacional de Resíduos Sólidos e do decreto nº 10.240/20 de 20 de fevereiro de 2020, foram selecionadas diferentes variáveis de observação, levantadas hipóteses de estudo e então foi desenvolvido o questionário.

O tipo de Survey escolhida para o presente trabalho foi Survey Descritiva Explanatória Transversal. Esse tipo de pesquisa tem como características: a coleta de dados em um único intervalo de tempo (transversal), encontrar traços ou atributos da população para descrever suas principais características ou correlação (descritiva), e por fim, explorar os dados procurando encontrar algum padrão interessante de estudo que os justifique. A partir da leitura de bibliografias sobre o tema resíduos eletrônicos notava-se que os problemas, padrões e comportamentos ambientalmente incorretos se repetiam em diferentes artigos e não eram exploradas suas causas. Assim esta pesquisa serviu para reunir os problemas abordados e testar as hipóteses para tal:

- Os indivíduos têm conhecimento das leis que tratam especificamente do descarte correto dos resíduos sólidos domésticos?
- Os indivíduos têm conhecimento do que são os conceitos logística reversa e responsabilidade compartilhada?
- Os indivíduos sabem como descartar seus resíduos eletrônicos de modo correto quando necessário?
- As pessoas aumentaram o consumo de equipamentos eletroeletrônicos durante a pandemia?

- O descarte correto de lixo eletroeletrônico é uma preocupação da população?
- Os indivíduos têm conhecimento sobre a definição e composição dos resíduos?
- Os indivíduos não tiveram educação ambiental para lidar com os resíduos eletrônicos?
- Existe relação entre a idade ou grau de instrução dos indivíduos com a prática do descarte correto de lixo eletroeletrônico?
- O descarte incorreto de lixo eletroeletrônico está ligado à falta de pontos de coleta, à falta de incentivos por parte dos governos ou à falta de educação ambiental?
- Índice de desenvolvimento humano é sinônimo de tratamento adequado do lixo eletrônico?

4.4. ETAPA 2: SELEÇÃO DA AMOSTRA

A delimitação da amostra busca inferir características de uma dada população a partir de informações de uma parcela dela.

Foi escolhida a cidade de Barueri como local de coleta de dados pela existência de ecopontos espalhados no município e pela existência de gestão ambiental para com os REEE desde 2012.

Outras características que definem a escolha da cidade de Barueri são os bons dados estatísticos coletados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no censo de 2019 frente aos dados médios do país:

- População estimada: 276.982 habitantes.
- O IDH é de 0,786 (o do Brasil é 0,761);
- O índice de escolarização é de 0,899 (o do Brasil 0,849);
- A renda per capita é de cerca de R\$ 4.590,80 (20ª maior do país)
- O PIB per capita é de R\$ 177.735,30 (8º maior do estado).

Para a obtenção da amostra foi usada uma técnica não probabilística conhecida como amostragem por bola de neve. A criação da amostra se fundamenta em usar a rede social dos indivíduos iniciais para ter acesso a mais pessoas. O processo se desenvolve quando um

indivíduo convida outro indivíduo que cumpra com a característica do estudo (VINUTO, 2014). As vantagens dessa técnica são: acessar populações mais específicas, como pessoas que residam no mesmo município de forma simples e econômica, onde os próprios entrevistados fazem a mão de obra. As desvantagens são: falta de controle sobre como se constitui a amostra, podendo caracterizar algum viés, e sobre o tamanho da amostra (VINUTO, 2014).

Para a obtenção da amostra, enviou-se o questionário de modo eletrônico a 100 indivíduos e foram coletados 174 respondentes. Aplicando a equação 01, esperando o nível de confiança de 95%, com a população de 2019, obtemos um erro amostral de 7%.

4.5. ETAPA 3: OBTENÇÃO DOS DADOS

O instrumento de pesquisa utilizado para a extração das informações foi o questionário *Survey*, desenvolvido na plataforma *Survey Monkey*.

4.5.1. CONSTRUÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Para a construção do questionário foram definidas as hipóteses de estudo do trabalho a partir do tema central: resíduos eletrônicos. A partir das hipóteses citadas nos objetivos, foram criadas 18 variáveis de observação, listadas e explicadas nos tópicos adiante no trabalho.

O questionário foi construído com perguntas descritivas e exploratórias do tipo fechadas, alternativas dicotômicas (sim ou não) e de múltipla escolha (check box) dos tipos: nominais (sem relação de ordem), ordinais com escala de avaliação (pouco, médio, muito), e questões abertas no final da pergunta.

4.5.2. PROTOCOLO DE PESQUISA

O questionário, instrumento utilizado para a coleta de dados, foi elaborado com base nos seguintes documentos:

- Lei de PNRS nº 12.305/10.
- Decreto nº 10.240/20 baseado na Lei nº 12.305/10.
- Seleção de artigos sobre resíduos eletrônicos na base de dados *Scopus*, apresentados na Figura 3.

As variáveis de estudo utilizadas com objetivo de explorar e descrever o conhecimento dos indivíduos entrevistados sobre o tema descarte de resíduos eletroeletrônicos foram retiradas

de trechos da lei nº 12.305/10 e do decreto nº 10.240/20 que tratam especificamente dos consumidores domésticos de equipamentos eletroeletrônicos.

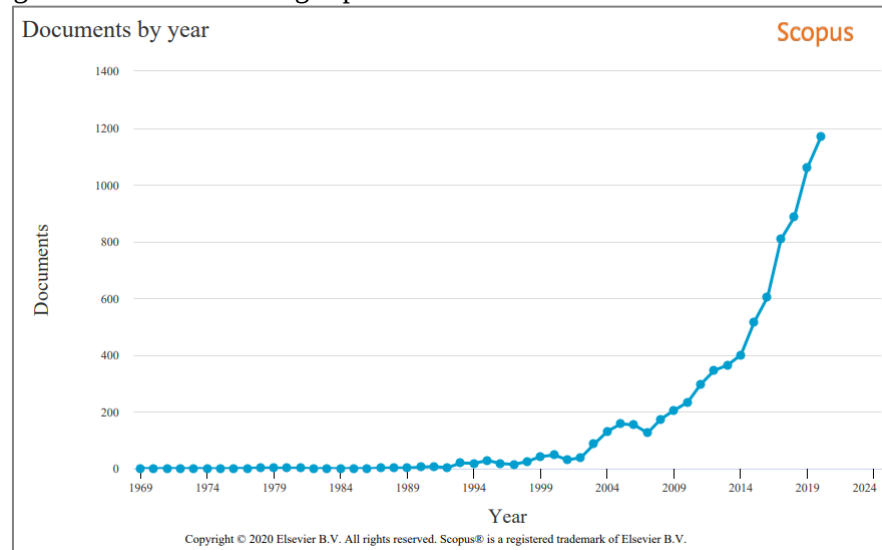
Por abranger o conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, essas leis não dizem respeito apenas aos consumidores, mas também aos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, porém estes grupos não serão objeto deste trabalho. As leis brasileiras classificam os consumidores como: “usuários domésticos de produtos eletroeletrônicos e seus componentes” (BRASIL, 2010).

As demais variáveis de estudo usadas na confecção do questionário foram escolhidas a partir de referências bibliográficas encontradas na base de dados *Scopus*, a partir dos seguintes filtros e critérios de seleção:

- Palavra-chave de pesquisa: “*Electronic Waste*”.
- Filtro 1: 200 artigos mais citados no período de 2010 e 2020 no mundo.
- Filtro 2: Artigos relacionados a engenharia ambiental.
- Filtro 3: Artigos mais relevantes no meio acadêmico.
- Filtro 4: Recorrência de temas a partir da elaboração do Word cloud.

O tema Resíduos Eletrônicos é atual, relevante e vem ganhando importância nos últimos anos no mundo inteiro, como pode ser observado no Figura 3, que mostra o número de artigos publicados entre 1969 e 2020. Observa-se que até os anos 2000, o tema era de pouco interesse, apresentando baixos números de publicações. A partir de 2005, o número de publicações anuais passou de 200 para quase 1200, representando um aumento de 600%, apontando expressivo ganho de relevância. O que mostra na minha opinião a importância de estudar e discutir o assunto na comunidade acadêmica fazendo a interface com a população para que o tema seja amplamente conhecido e discutido. A partir deste conhecimento os indivíduos são estimulados e até cobrados pela comunidade por melhores práticas ambientais.

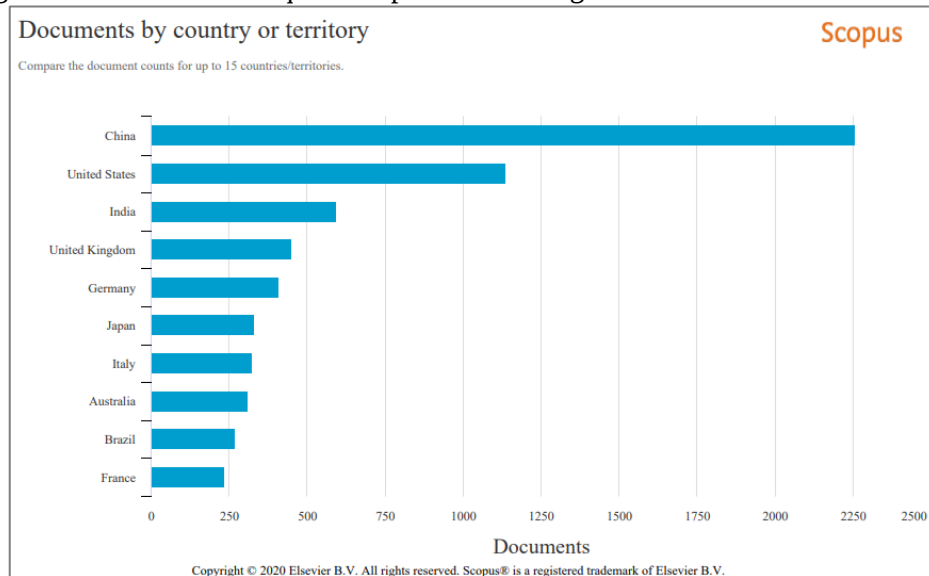
Figura 3 – Número de artigos publicados no mundo entre 1969 e 2020.



Fonte: (SCOPUS 2020)

A Figura 4, por sua vez, mostra os países que mais publicaram artigos com o tema lixo eletrônico no mundo entre os anos de 1969 a 2020. Observa-se que o Brasil é o 9º país que mais publica artigos sobre o tema, ficando atrás apenas de grandes potências como: China, EUA e Índia, 1º 2º e 3º maiores produtores de resíduos do mundo, respectivamente, ou 38% do total.

Figura 4 – Lista de Países que mais publicaram artigos sobre *e-lixo* entre 1969 e 2020.



Fonte: (SCOPUS, 2020)

A partir das *Keywords* encontradas nos 200 artigos mais citados no mundo com o tema *electronic waste* na plataforma *Scopus*, criou-se o *Word Cloud* apresentado na Figura 5. Essas *Keywords* como: *recycling*, *weee*, *waste management*, *precious metal*, *health risk*, *valuable metal* serviram de base para o desenvolvimento do questionário.

Figura 5 – Word cloud



Fonte: (MONKE LEARN 2020).

4.5.3. VARIÁVEIS DE OBSERVAÇÃO

Variáveis de observação são os objetos de estudo do pesquisador, por ele mesmo definidas, que visam o controle e a observação de uma característica da população estudada (GIL, 2002).

Variáveis de pesquisa podem ser definidas como algo que varia, que é observável e que pode ser quantificado. O papel principal da variável é estabelecer, objetivamente, o sucesso ou insucesso da hipótese da pesquisa (GIL, 2002).

As variáveis de estudo podem ser classificadas de acordo com sua natureza e plano de análise (MARTINS et al, 2011).

- Variáveis quantitativas: características que podem ser medidas em uma escala quantitativa, ou seja, apresentam valores numéricos que fazem sentido. São divididas em contínuas ou discretas:
 - Discretas - características mensuráveis que podem assumir apenas um número finito ou infinito contável de valores e somente fazem sentido valores inteiros. Exemplo: número de filhos.

- Contínuas - características mensuráveis que assumem valores em uma escala contínua onde valores fracionais fazem sentido. Usualmente devem ser medidas através de algum instrumento. Exemplos: peso (balança), altura (régua), tempo (relógio).
- Variáveis qualitativas: características que não possuem valores quantitativos, e são definidas por categorias, ou seja, representam uma classificação dos indivíduos. Podem ser divididas em nominais ou ordinais:
 - Nominais: quando não existe ordenação dentre as categorias e são independentes. Exemplos: sexo, cor dos olhos, fumante/não fumante, doente/sadio.
 - Ordinais: quando cada categoria mantém uma relação de ordem com as outras que pode ser ou não regular, existe uma ordenação. Exemplos: escolaridade (1º, 2º, 3º graus), estágio da doença (inicial, intermediário, terminal), mês de observação (janeiro, fevereiro, dezembro).

4.5.4. SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DE OBSERVAÇÃO

A escolha e seleção das variáveis de estudo para o questionário foram baseadas nas seguintes perguntas:

- Qual o conhecimento dos indivíduos sobre os conceitos que envolvem o descarte de lixo eletroeletrônico de uso doméstico presentes na PNRS?
- Qual o conhecimento dos indivíduos sobre os conceitos gerais de resíduos domésticos e seu descarte no Brasil e no mundo?

Para as perguntas acima foram criadas possíveis hipóteses e predições exploradas e descritas ao longo do trabalho.

Algumas questões tiveram o tema desenvolvido aos pares para medir a correlação de acerto entre elas e entre as demais do questionário conforme apresentado adiante nos resultados. Cada pergunta foi pautada em algum artigo do decreto nº10.240 e nas *Keywords* selecionadas a partir da bibliografia.

A Tabela 6 apresenta as variáveis de estudo selecionadas para construção do questionário, sua classificação e sua origem:

Tabela 6 – Variáveis de Observação

Pergunta	Tipo da Variável	Variável de Observação	Fonte
Q1	Qualitativa Ordinal	Faixa Etária	Não se aplica
Q2	Qualitativa Ordinal	Grau de Escolaridade	Não se aplica
Q3	Qualitativas Ordinais	Separação do lixo produzido em casa	Não se aplica
Q4	Qualitativas Ordinais	Separação do lixo produzido em casa	Art. 36º do decreto nº 10.240/20 art. I e III.
Q5	Qualitativa Nominal	Resíduos Eletroeletrônicos	Art. 3º XIV do decreto 10.240/20
Q6	Qualitativa Nominal	Classificação de Resíduo Doméstico	Art. 3º XIV do decreto 10.240/20 – Anexo 1
Q7	Qualitativa Ordinal	Consumo de eletrônicos na Pandemia	Associação brasileira de comércio – relatório maio/2020
Q8	Qualitativa Nominal	Classificar Resíduos Eletrônicos	Resolução CONAMA/1999 257 e 263 Art. 1º
Q9	Qualitativa Ordinal	Uso e conhecimento de Agendamento de coleta	Art. 8º e Art. 48º do decreto nº 10.240/20
Q10	Qualitativa Ordinal	Uso e conhecimento de Ecoponto	Art. 8º e Art. 48º do decreto nº 10.240/20
Q11	Qualitativa Nominal	Dever dos consumidores	Art. 31 do decreto nº 10.240 - I, II, III
Q12	Qualitativa Nominal	Responsabilidade Compartilhada	a Lei nº 12.305 Art. 30
Q13	Qualitativa Nominal	Características dos Resíduos Eletrônicos	Relatório ONU 2019 - UNEP
Q14	Quantitativa Contínua	Características dos Resíduos Eletrônicos	Relatório ONU 2019 - UNEP
Q15	Qualitativa Nominal	Riscos e Impactos	Autor: Marcelo Quintieti 2013
Q16	Qualitativa Nominal	Vantagens Ao Reciclar	Autor: Lira, Waleska, Cândido 2013
Q17	Qualitativa Nominal	Responsabilidade Compartilhada	Lei nº 12.305 Art. 3
Q18	Qualitativa Nominal	Logística Reversa	Lei nº 12.305 Art. 8

Fonte: (AUTOR 2020).

A Tabela 7 mostra as hipóteses geradas para cada variável de observação e como os dados coletados serão abordados.

Tabela 7 – Hipóteses do Questionário

Pergunta	Hipóteses
Q1	Existe relação entre a idade dos indivíduos e a prática ou frequência na coleta seletiva domiciliar?
Q2	Existe relação entre o grau de escolaridade dos indivíduos e a prática ou frequência na coleta seletiva domiciliar?
Q3	Existe relação entre as variáveis idade e grau de escolaridade, com a prática da separação e do descarte correto do lixo eletroeletrônico?
Q4	A falta de educação ambiental é uma hipótese para os indivíduos não praticarem a segregação dos resíduos domésticos?
Q5	O número de acertos sobre o conhecimento dos conceitos que envolvem os resíduos eletrônicos tem correlação com a faixa etária e a escolaridade?
Q6	O número de acertos sobre o conhecimento das classificações que envolvem os resíduos eletrônicos tem correlação com a faixa etária e a escolaridade?
Q7	O aumento no consumo de eletrônicos durante a pandemia do covid19 têm relação com a variável faixa etária e grau de escolaridade?
Q8	O acesso à educação ambiental de resíduos eletroeletrônicos tem correlação com a faixa etária e a escolaridade?
Q9	O conhecimento sobre a existência do serviço de agendamento para a retirada de resíduos eletrônicos no domicílio tem relação com a prática ou frequência na coleta seletiva domiciliar?
Q10	O conhecimento sobre a existência de ecopontos disponibilizados pela prefeitura para a entrega de resíduos eletrônicos tem relação com a prática ou frequência na coleta seletiva domiciliar?
Q11	O número de acertos sobre quanto os consumidores se sentem responsáveis pela produção individual dos resíduos eletrônicos domésticos tem relação com a faixa etária e a escolaridade?
Q12	O número de acertos sobre o conhecimento dos agentes responsáveis com a prática da coleta seletiva e descarte ambientalmente correto tem relação com a faixa etária e a escolaridade?
Q13	O grau de percepção e conhecimento dos indivíduos sobre o tipo de resíduo que mais cresce no Brasil relação com a faixa etária e a escolaridade?
Q14	O grau de percepção e conhecimento dos indivíduos sobre a quantidade de resíduos eletrônicos reciclados no mundo tem relação com a faixa etária e a escolaridade?
Q15	O conhecimento sobre os riscos e impactos causados pelo descarte inadequado de resíduos eletroeletrônicos tem relação com a faixa etária e a escolaridade?
Q16	O conhecimento dos indivíduos sobre as vantagens promovida pelo descarte correto aumenta a preocupação com o assunto? E assim a prática da coleta seletiva? Essas questões têm relação com a faixa etária e a escolaridade?
Q17	O conhecimento sobre o conceito de responsabilidade compartilhada tem relação com a faixa etária e a escolaridade?
Q18	O conhecimento sobre o conceito de logística reversa tem relação com a faixa etária e a escolaridade?

Fonte: (AUTOR 2020).

4.5.5. ENVIO DO QUESTIONÁRIO

O questionário foi enviado por meio eletrônico aos seguintes indivíduos:

- Indivíduos que circulam/trabalham no centro comercial da cidade localizado no bairro de Alphaville;
- Indivíduos que trabalham em uma escola de ensino municipal no centro da cidade;
- Indivíduos que circulam em um prédio comercial no centro da cidade;
- Indivíduos de um condomínio residencial do município;

Os entrevistados iniciais foram encorajados a compartilhar a pesquisa com outros moradores da cidade.

4.6. ETAPA 4: ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.

Para a análise e interpretação dos dados coletados com o questionário Survey foram utilizadas Metodologias Estatísticas Exploratórias (Análise de Componentes Principais), Descritivas (Estatísticas de Resumo, Gráficos e Tabelas) e explicativas (Testes de hipóteses, Estatística Inferencial), de acordo com PARANHOS et al. (2014). Para as variáveis de estudo/observação, foram aplicados os seguintes testes estatísticos através da linguagem de programação R:

- **Teste do Qui-quadrado (χ^2)**
- **Análise de Correlação e Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r)**
- **Análise de Componentes Principais (ACP)**
- **Análise de Variância (ANOVA)**

Para investigar associação entre variáveis recomenda-se o Teste do Qui-quadrado para variáveis qualitativas e Análise de Correlação para variáveis quantitativas. A ANOVA é indicada quando queremos investigar o efeito de um ou mais fatores (variáveis qualitativas) sobre os valores médios de uma variável quantitativa. Os conceitos e o funcionamento das análises serão detalhados a seguir.

4.6.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

É uma técnica que permite sintetizar, analisar e descrever uma série de valores de mesma natureza, observando a variação entre os dados. Os dados podem ser organizados e

descritos de três maneiras: por meio de tabelas, de gráficos e de medidas descritivas (GUEDES, 2005).

Para descrever o comportamento do grupo amostral a partir das variáveis qualitativas ordinais, foram utilizados gráficos e as seguintes medidas descritivas ou de posição:

- Mediana: É o valor que ocupa a posição central de uma série de observações ordenadas, ou seja, é o valor que divide os dados em duas partes iguais (isto é, em duas partes de 50% cada). Para a série de valores ordenados em ordem crescente de grandeza (isto é, um rol), a mediana é o valor central.
- Quartis: São valores que dividem uma amostra de dados em quatro partes iguais conforme a Tabela 8. Por meio deles, pode-se avaliar a dispersão e a tendência central de um conjunto de dados.
- Moda: É o valor mais frequente em uma distribuição.

Tabela 8 – Análise de Quartis

Quartil	Descrição
1º Quartil	25% dos dados são menores ou iguais a este valor.
2º Quartil	A mediana, 50% dos dados são menores ou iguais a este valor
3º Quartil	75% dos dados são menores ou iguais a este valor

Fonte: (AUTOR 2020).

As variáveis qualitativas ordinais descritas nas questões Q1 (faixa etária), Q2 (escolaridade), Q3 (frequência de separação do lixo), Q7 (aquisição de equipamento durante a pandemia), Q9 (conhecimento e utilização/agendamento de coleta em domicílio), Q10 (utilização de ecoponto) foram organizadas em tabelas de distribuição de frequências e utilizadas na construção de gráficos de barras mostrados a seguir.

A mediana foi utilizada como medida de centralidade das variáveis quantitativas discretas Q6 (varia de 0 a 12), Q11 (varia de 0 a 3), Q12 (varia de 0 a 7), Q15 (varia de 0 a 6) e Q16 (varia de 0 a 7).

Os quartis também foram utilizados como medida de centralidade para variáveis Q1, Q2, Q6, Q8, Q11, Q15 e Q16.

4.6.2. ESTATÍSTICA INFERENCIAL

É uma técnica que utiliza dados de uma amostra para descrever e fazer inferências sobre uma população. São utilizadas quando não é conveniente ou possível examinar cada membro de uma população inteira. Existem dois processos para inferir estatisticamente. O primeiro é a técnica de estimação segundo a qual pretende-se encontrar um valor ou um intervalo para o parâmetro desconhecido. O outro é o teste de hipóteses no qual, com base em duas afirmações opostas, decidimos acerca dos possíveis valores do parâmetro (GUEDES, 2005).

Devido à natureza heterogênea das variáveis, foi necessário utilizar diferentes tipos de abordagens nas análises estatísticas.

4.6.2.1 TESTE DO QUI-QUADRADO DE INDEPENDÊNCIA (χ^2):

O teste do qui-quadrado (2), foi utilizado para buscar associações entre as variáveis qualitativas ordinais do questionário. O teste compara a frequência observada com os valores esperados assumindo uma possível associação entre as variáveis. Quanto maior o valor do qui-quadrado, maior é a diferença entre os valores observados e os esperados, sugerindo associação na distribuição de frequências das variáveis (PARANHOS et al., 2014). A análise se baseia em uma tabela cruzada que sumariza a distribuição de frequências para as diferentes categorias das variáveis de interesse (PARANHOS et al., 2014). Esta análise foi realizada na linguagem de programação R.

Deve-se propor duas hipóteses: a hipótese nula (H_0) que postula a não existência da relação entre as variáveis e a hipótese alternativa (H_a) postula que existe dependência na distribuição das frequências dessas variáveis (PARANHOS et al., 2014).

Como exemplo será testada a seguinte hipótese: o conhecimento sobre o método correto de descarte (conhecimento sobre a PNRS) implica na sua prática correta? Espera-se uma relação positiva entre as variáveis. Depois de realizado o teste, deve-se analisar não só o valor do qui-quadrado, mas também a significância estatística (p-valor) dos resultados observados. Um p-valor não significativo ($\alpha > 0,05$) sugere independência estatística entre as variáveis, não sendo possível rejeitar a hipótese nula.

$$\chi^2 = \frac{(fo - fe)^2}{fe} \quad (2)$$

x^2 = valor do qui-quadrado

fo = frequência observada

fe = frequência esperada

O Teste de Qui-quadrado foi usado para avaliar a associação entre as variáveis qualitativas ordinais: faixa etária, escolaridade, frequência de separação do lixo, aquisição de equipamento durante a pandemia, agendamento de coleta em domicílio e utilização de ecoponto.

4.6.2.2 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO:

Os coeficientes de correlação são métodos estatísticos que medem a relação entre variáveis quantitativas e o que elas representam.

A correlação procura entender como uma variável se comporta em relação a outra, visando identificar se existe alguma relação entre ambas. Embora não implique em causalidade, o coeficiente de correlação exprime, em números, essa relação.

As relações entre as variáveis quantitativas discretas das questões Q6 (varia de 0 a 12), Q11 (varia de 0 a 3), Q12 (varia de 0 a 7), Q15 (varia de 0 a 6), Q16 (varia de 0 a 7) foram avaliadas usando análise de correlação.

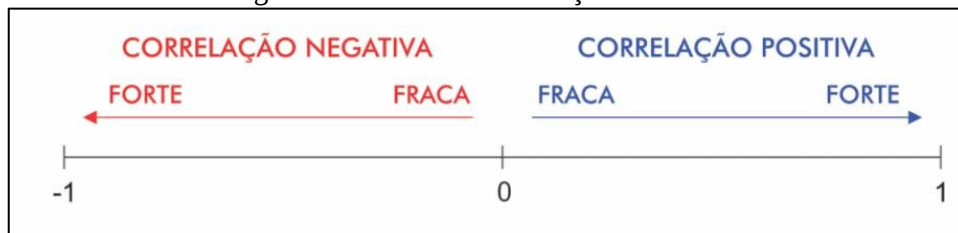
4.6.2.3 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON (R):

O coeficiente de correlação de Pearson (r), também chamado de correlação linear ou r de Pearson mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas. É um índice adimensional representado pela letra “ r ” que assume valores entre -1,0 e +1,0, refletindo a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados ().

Os valores de r podem significar:

- **$r = 1$:** correlação perfeita positiva entre as duas variáveis.
- **$r = -1$:** correlação perfeita negativa entre as duas variáveis (quando uma aumenta, a outra diminui).
- **$r = 0$:** as variáveis não dependem linearmente uma da outra. No entanto, pode existir uma outra dependência que seja "não linear". Assim, o resultado $r = 0$ deve ser investigado por outros meios, neste caso foram utilizados diagramas de dispersão.

Figura 6 – Análise de correlação de Pearson



Fonte: (SAMPAIO, 2008).

4.6.2.4 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP):

É uma técnica estatística de análise multivariada que transforma linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas ou não entre si, num conjunto substancialmente menor que contém a maior parte da informação do conjunto original.

A técnica consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais. Os componentes principais apresentam as seguintes propriedades importantes: cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados (JOHNSON et al, 1998; HONGYU, 2015).

Está associada à ideia de redução de massa de dados, com menor perda possível da informação. Procura-se redistribuir a variação observada nos eixos originais de forma a se obter um conjunto de eixos ortogonais não correlacionados (MANLY, 1986; HONGYU, 2015).

O objetivo principal da análise de componentes principais é o de explicar a estrutura da variância e covariância de um vetor aleatório, composto de p -variáveis aleatórias, por meio de combinações lineares das variáveis originais. Essas combinações lineares são chamadas de componentes principais e são correlacionadas entre si (SANDANIELO, 2008).

A ACP organiza as unidades amostrais ao longo de gradientes ao mesmo tempo que permite avaliar os relacionamentos entre as variáveis. Nessa análise, as unidades amostrais foram representadas pelos respondentes (linhas) e as variáveis corresponderam às questões (colunas). Dessa forma, a ACP foi utilizada com o objetivo de ordenar os indivíduos que responderam ao questionário em função do seu conhecimento geral sobre a questão do lixo eletrônico: legislação, conceitos de logística reversa e de responsabilidade compartilhada sobre o ciclo de vida dos produtos.

Os escores dos respondentes nos dois primeiros eixos da ACP também foram utilizados como uma medida do conhecimento (desempenho) sobre o problema do descarte incorreto dos resíduos eletrônicos e as médias de desempenho dos respondentes foram comparadas de acordo com a atitude de separação de lixo e de utilização de ecopontos através de Análise de Variância de um Fator (ANOVA), explicado a seguir.

4.6.2.5 ANÁLISE DE GOODMAN-KRUSKAL (GAMMA)

Para medir a associação entre os fatores Idade, Escolaridade e frequência de Separação do Lixo Eletroeletrônico, além do teste de qui-quadrado, também foi utilizada a estatística Gamma de Goodman-Kruskal para dados categóricos ordinais, usando a função `gkgamma`, disponível no pacote MESS. Disponível em:

(<https://www.rdocumentation.org/packages/MESS>).

4.6.2.6 ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)

A análise de variância ou análise ANOVA é uma técnica estatística utilizada para fazer comparações entre três ou mais grupos em amostras independentes. A técnica permite fazer afirmações sobre as médias das populações baseado na análise de variâncias amostrais, ou seja, compara a variabilidade entre as médias amostrais dos grupos e a variação dentro dos grupos.

Dentre os tipos de análise de variância está a variância de Fisher, que analisa a distância média entre um valor observado com a tendência central, comparando assim se mais de dois grupos podem ser ou não distintos da média.

A técnica utiliza a razão entre a variabilidade entre os grupos e a variabilidade dentro dos grupos (do acaso). Se a variabilidade do acaso superar a variabilidade entre os grupos, há uma grande chance de os grupos pertencerem a uma mesma população, ou seja, serem correlacionados. A equação (3) seguir descreve a técnica:

$$F = \frac{Sa}{Sb} \quad (3)$$

Sa = variação entre médias da amostra

Sb = variação dentro das amostras

Altos valores de F significam que a variabilidade entre os grupos (devido ao fator) é maior do que dentro dos grupos (devido ao erro).

Os escores dos respondentes nos dois primeiros eixos da ACP foram utilizados em uma Análise de Variância Fatorial (ANOVA). O objetivo da ANOVA foi testar o efeito dos fatores faixa etária, escolaridade e a interação entre eles sobre o desempenho no questionário. A ACP criou eixos que representaram combinações das variáveis originais conforme a correlação existente entre elas.

4.7. ETAPA 5: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os dados foram inseridos e gerados com auxílio das ferramentas Excel e R.

Foram criados gráficos de dispersão, gráficos de barras, boxplot, biplot e gráficos de interação.

O boxplot ou diagrama de caixa representa graficamente o valor mínimo, primeiro quartil (Q1), segundo quartil (Q2) ou mediana (Ma), terceiro quartil (Q3) e valor máximo de uma determinada variável. O gráfico permite avaliar a distribuição dos dados e a presença de valores discrepantes (outliers).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados coletados e com a aplicação de técnicas estatística, buscou-se detectar e medir a existência de correlações entre as variáveis quantitativas ou qualitativas do questionário. Para a análise e obtenção dos resultados foi utilizado a plataforma R. As respostas encontradas tentaram responder as possíveis predições para as hipóteses de estudo iniciais do questionário.

Os dados obtidos para o estudo a partir do questionário Survey foram objeto dos métodos estatístico e da programação em R. São Os resultados foram apresentados conforme o planejamento e execução da metodologia.

5.1. PLANEJAMENTO

O planejamento do trabalho contou com o auxílio da plataforma Survey Monkey, dos artigos selecionados na plataforma *Scopus* e da Lei de PNRS. Os insumos coletados foram suficientes para a apresentar resultados significativos.

5.2. SELEÇÃO DA AMOSTRA.

A seleção dos indivíduos da amostra, que ocorreu de modo aleatório, foi satisfatória para o estudo, pois os resultados apresentaram dados significativos e correlacionados em sua maioria, mostrando que a amostra foi significativa e possui resultados conforme esperados inicialmente.

5.3. OBTENÇÃO DA AMOSTRA.

O questionário fora enviado inicialmente a 100 pessoas e a quantidade de respondentes obtidos foi de 174. O tamanho obtido da amostra foi considerado satisfatório pois apresentou um baixo erro amostral e alta confiabilidade nos dados, dado que a metodologia de envio conta com os respondentes iniciais enviarem.

Calculo da margem de erro:

$$\begin{aligned} \text{Margem de Erro} &= Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ \text{Margem de Erro} &= 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{174}} = 7\% \end{aligned} \tag{4}$$

5.4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.

Para a análise e interpretação dos dados, foram utilizados os dados coletados e disponibilizados pela plataforma *Survey Monkey* a partir dos resultados individuais de cada respondente por questão ou peso conferido. Com esses dados, foi possível aplicar métodos estatísticos para análise de correlação entre as variáveis de observação e ainda criar uma única variável (ACP1) a partir da correlação entre as questões do questionário. Os dados obtidos foram tabulados no Excel, analisados no R e apresentados em modo de gráficos e tabelas.

5.5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.

5.5.1. TESTE DO QUI-QUADRADO DE INDEPENDÊNCIA (χ^2)

ANÁLISE 1 - FREQUÊNCIA NA SEPARAÇÃO DO LIXO

Para testar as hipóteses das questões Q1, Q2, Q9 e Q10, que buscavam encontrar uma associação entre as variáveis qualitativas ordinais (faixa etária, grau de escolaridade,

agendamento de coleta em domicílio e utilização com ecoponto) e a variável frequência na separação do lixo (Q3) aplicou-se o teste do Qui-quadrado de independência (χ^2).

Dos 174 respondentes do questionário, 43,7% responderam que separam o lixo sempre, 21,3% separam quase sempre, 15,5% separam às vezes, 12,1% raramente separam e 7,5% nunca separam.

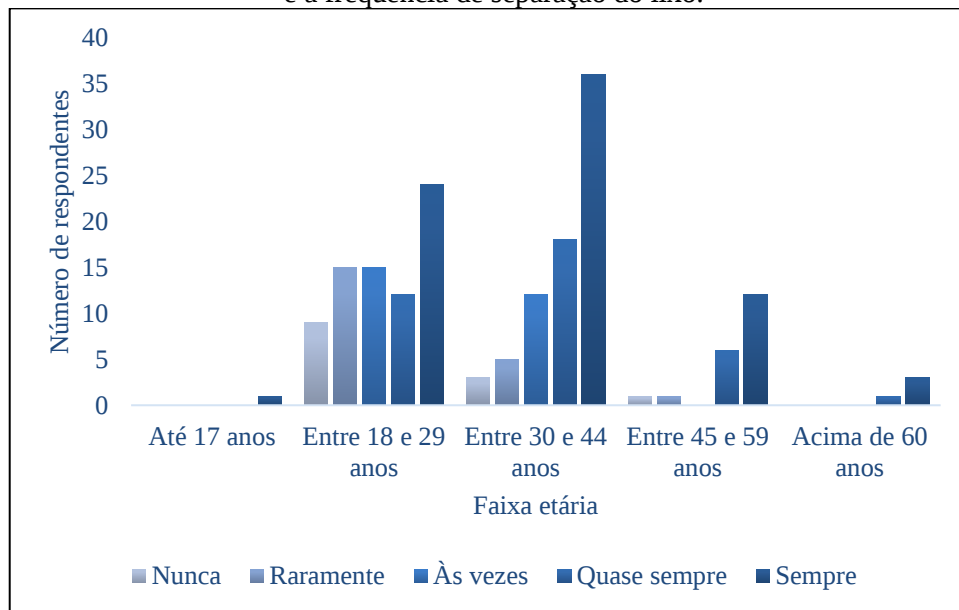
De acordo com os resultados dos testes de Qui-quadrado modelados e obtidos a partir do R, essas porcentagens não diferiram entre as classes etárias ($\chi^2 = 23,562$; g.l. = 16; $p = 0,099$), entre os graus de escolaridade ($\chi^2 = 15,391$; g.l. = 8; $p = 0,052$) e entre os grupos de acordo com o agendamento de coleta em domicílio ($\chi^2 = 14,728$; g.l. = 12; $p = 0,257$), indicando ausência de dependência/associação entre essas variáveis e a frequência de separação de lixo (Tabelas 9 a 11; Figuras 7 a 9).

Tabela 9 – Número de respondentes de acordo com a faixa etária e a frequência de separação do lixo.

Separação do lixo	Faixa Etária				
	Até 17 anos	Entre 18 e 29 anos	Entre 30 e 44 anos	Entre 45 e 59 anos	Acima de 60 anos
Nunca	0	9	3	1	0
Raramente	0	15	5	1	0
Às vezes	0	15	12	0	0
Quase sempre	0	12	18	6	1
Sempre	1	24	36	12	3

Fonte: (AUTOR 2020).

Figura 7 – Número de respondentes de acordo com a faixa etária e a frequência de separação do lixo.



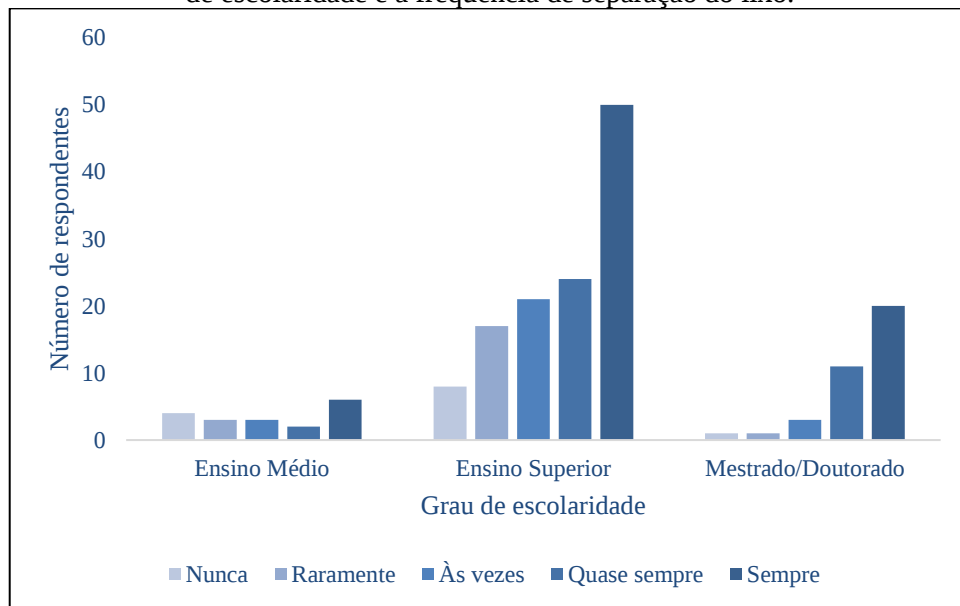
Fonte: (AUTOR 2020).

Tabela 10 – Número de respondentes de acordo com o grau de escolaridade e a frequência de separação do lixo.

Separação do lixo	Escolaridade		
	Ensino Médio	Ensino Superior	Mestrado/Doutorado
Nunca	4	8	1
Raramente	3	17	1
Às vezes	3	21	3
Quase sempre	2	24	11
Sempre	6	50	20

Fonte: (AUTOR 2020).

Figura 8 – Número de respondentes de acordo com o grau de escolaridade e a frequência de separação do lixo.



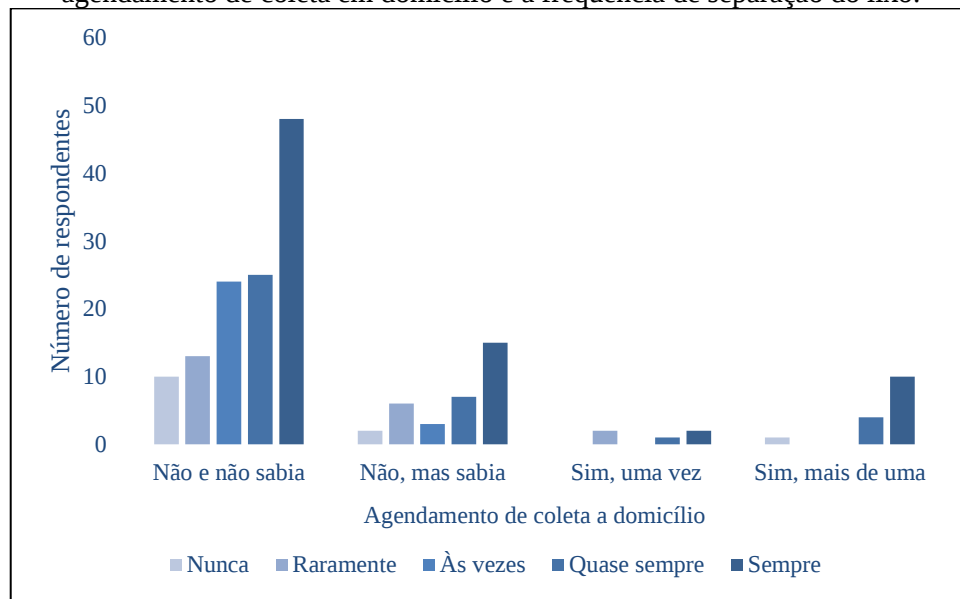
Fonte: (AUTOR 2020).

Tabela 11 – Número de respondentes de acordo com o agendamento de coleta em domicílio e a frequência de separação do lixo.

Separação do lixo	Agendamento de coleta em domicílio			
	Não e não sabia	Não, mas sabia	Sim, uma vez	Sim, mais de uma
Nunca	10	2	0	1
Raramente	13	6	2	0
Às vezes	24	3	0	0
Quase sempre	25	7	1	4
Sempre	48	15	2	10

Fonte: (AUTOR 2020).

Figura 9 – Número de respondentes de acordo com o agendamento de coleta em domicílio e a frequência de separação do lixo.



Fonte: (AUTOR 2020).

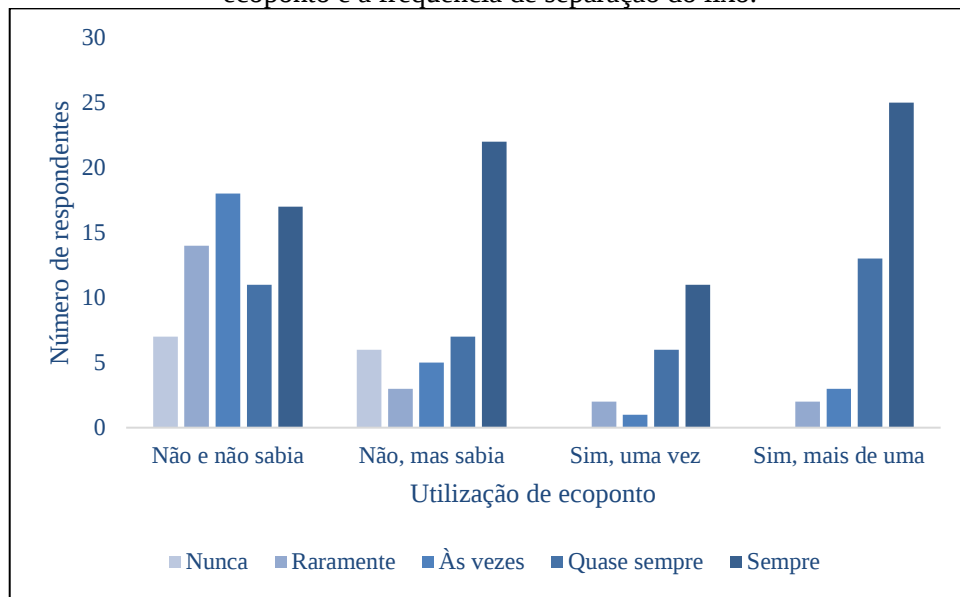
Por outro lado, entre os que responderam que sempre fazem separação de lixo, uma maior proporção relatou que já utilizou ecopontos mais de uma vez (Tabela 12), ao passo que os que responderam que separam o lixo raramente ou às vezes relataram com maior frequência que nunca utilizaram e não tinham conhecimento da existência de ecopontos ($\chi^2 = 36,444$; g.l. = 12; $p < 0,001$).

Tabela 12 – Número de respondentes de acordo com a utilização de ecoponto e a frequência de separação do lixo.

Separação do lixo	Utilização de ecoponto			
	Não e não tinha	Não, mas tinha	Sim, uma vez	Sim, mais de uma
Nunca	7	6	0	0
Raramente	14	3	2	2
Às vezes	18	5	1	3
Quase sempre	11	7	6	13
Sempre	17	22	11	25

Fonte: (AUTOR 2020).

Figura 10 – Número de respondentes de acordo com a utilização de ecoponto e a frequência de separação do lixo.



Fonte: (AUTOR 2020).

ANÁLISE 2 - AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTO DURANTE A PANDEMIA

Para testar a hipóteses da questão Q7, que buscava encontrar uma associação entre as variáveis aquisição de equipamento durante a pandemia e as variáveis faixa etária e grau de escolaridade, Q1 e Q2 respectivamente, aplicou-se novamente o teste do qui-quadrado.

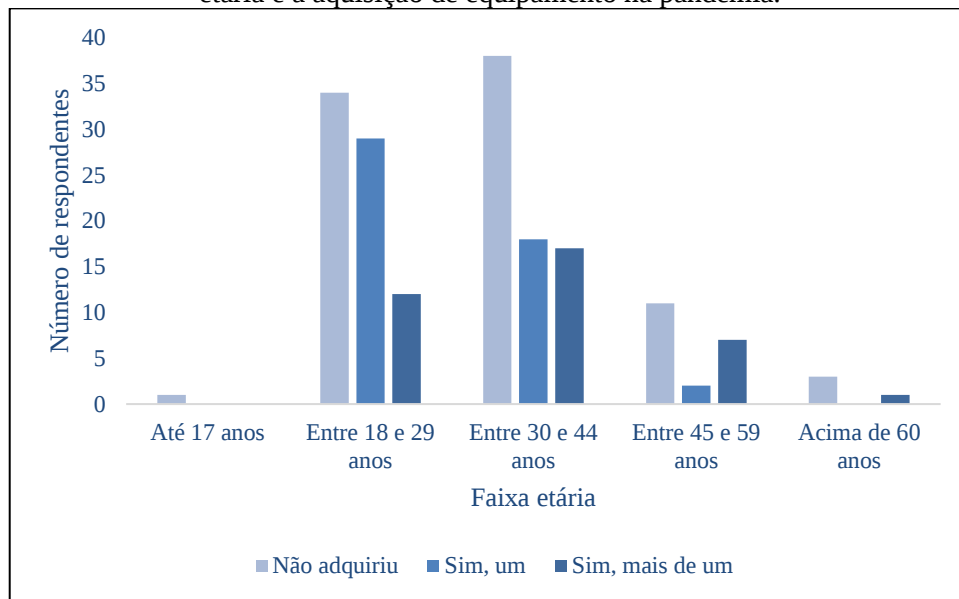
Aproximadamente metade dos respondentes (50,3%) relatou não ter adquirido equipamentos eletrônicos durante a pandemia (Tabelas 13 e 14 e Figuras 11 e 12) e essa porcentagem não diferiu entre as classes etárias ($\chi^2 = 11,555$; g.l. = 8; $p = 0,172$), nem entre os graus de escolaridade ($\chi^2 = 7,166$; g.l. = 4; $p = 0,127$).

Tabela 13 – Número de respondentes de acordo com a faixa etária e a aquisição de equipamento na pandemia.

	Faixa Etária				
	Até 17 anos	Entre 18 e 29 anos	Entre 30 e 44 anos	Entre 45 e 59 anos	Acima de 60 anos
Não adquiriu	1	34	38	11	3
Sim, adquiriu um	0	29	18	2	0
Sim, mais de um	0	12	17	7	1

Fonte: (AUTOR 2020).

Figura 11 – Número de respondentes de acordo com a faixa etária e a aquisição de equipamento na pandemia.



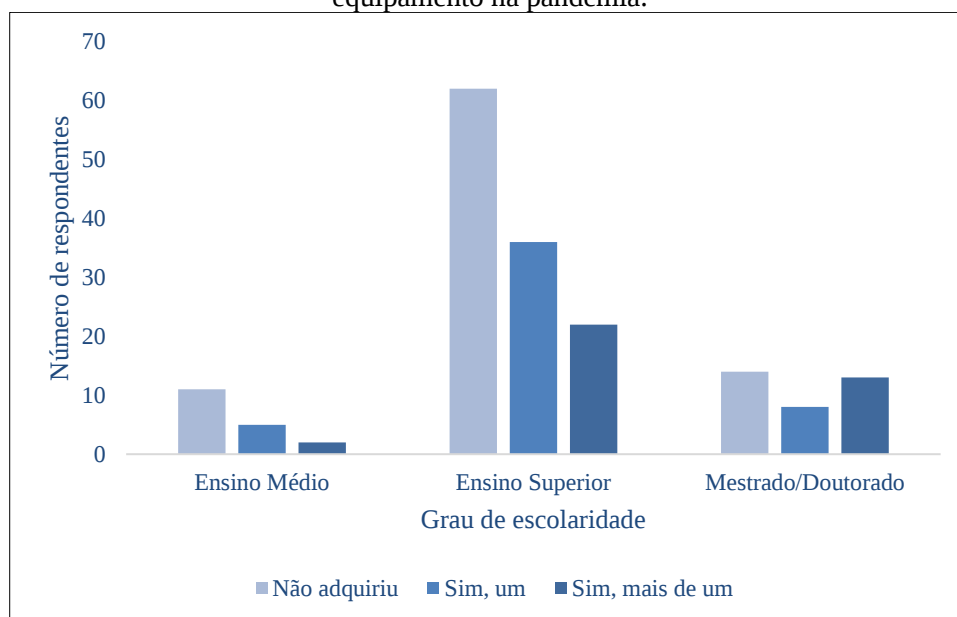
Fonte: (AUTOR 2020).

Tabela 14 – Número de respondentes de acordo com o grau de escolaridade e a aquisição de equipamento na pandemia.

	Escolaridade		
	Ensino Médio	Ensino Superior	Mestrado/Doutorado
Não adquiriu	11	62	14
Sim, adquiriu um	5	36	8
Sim, mais de um	2	22	13

Fonte: (AUTOR 2020).

Figura 12 – Número de respondentes de acordo com o grau de escolaridade e a aquisição de equipamento na pandemia.



Fonte: (AUTOR 2020).

5.5.2. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

Para testar as hipóteses das questões Q5, Q6, Q8, Q11, Q12, Q15, Q16, Q17 e Q18 que buscava encontrar uma correlação entre o número de acertos dos respondentes com as variáveis faixa etária e grau de escolaridade, Q1 e Q2 respectivamente, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (ACP).

A pontuação dos respondentes foi previamente padronizada (média zero e desvio-padrão um), usando matriz de correlação na ACP (função *prcomp* e argumento *scale = TRUE* no R), pois as questões incluem variáveis dicotômicas (0 e 1) e discretas (0 a 12), que diferem na amplitude de variação e poderiam influenciar diferentemente os resultados da análise (como a ACP constrói os novos eixos considerando a maior variação no conjunto de dados, as variáveis com maior variabilidade teriam um peso maior do que as com menor variabilidade). A Tabela 15 contém as questões que foram submetidas ao método:

Tabela 15 – Questões ACP

Q5: Com base em seus conhecimentos, selecione dentre as opções abaixo a que melhor define o que são resíduos eletroeletrônicos.

Q6: Selecione dentre os produtos abaixo quais você acredita que entram na categoria de lixo eletroeletrônico:

Q8: Pilhas e baterias podem ser incluídas na categoria de resíduos eletroeletrônicos?

Q11: A legislação brasileira trata de modo específico os resíduos eletrônicos e atribui responsabilidades aos fabricantes, distribuidores, vendedores e consumidores desses equipamentos. Dentre as opções abaixo, qual (quais) segundo a lei, é dever dos consumidores:

Q12: A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) Lei nº 12.305/10 é a regulamentação brasileira mais atual que define as diretrizes da gestão e descarte de resíduos eletrônicos. Dentre as alternativas abaixo, segundo esta lei, selecione quais são os agentes responsáveis por esta gestão:

Q13: Você sabe qual o tipo de lixo que mais cresce no Brasil e no mundo?

Q14: Qual você acredita que seja a porcentagem de resíduos eletroeletrônicos que é coletada e reciclada da maneira correta no mundo atualmente?

Q15: Dentre as alternativas abaixo, selecione quais os riscos e os problemas gerados pelo descarte inadequado de resíduos eletrônicos.

Q16: Dentre as alternativas abaixo, aponte as vantagens de reciclar resíduos eletroeletrônicos.

Q17: “Conjunto de atribuições individualizadas dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos”. A definição acima está relacionada com qual conceito da Política Nacional de Resíduos Sólidos?

Q18: “Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”. A definição acima está relacionada com qual conceito da Política Nacional de Resíduos Sólidos?

Fonte: (AUTOR 2020).

A Análise de Componentes Principais ou ACP indicou que, no geral, houve coerência nas respostas dos participantes, pois os primeiros componentes concentraram a maior parte da variância nos dados originais e todas as variáveis ficaram com o mesmo sinal (autovetores negativos) no primeiro eixo, com exceção da questão 14, que teve um peso baixo nesse componente (A importância de cada variável em cada eixo foi avaliada usando o coeficiente de correlação de Pearson (r). As questões Q11 ($r = -0,328$), Q12 ($r = -0,379$), Q15 ($r = -0,460$), Q16 ($r = -0,488$) e Q18 ($r = -0,325$) foram mais importantes para compor o eixo 1 e as questões Q6 ($r = -0,496$), Q8 ($r = -0,347$) e Q13 ($r = 0,300$) tiveram maior importância no eixo 2. A questão 17 foi importante em tanto no primeiro ($r = -0,281$) como no segundo componente ($r = 0,499$), assim como a questão 18 ($r = -0,325$ e $r = 0,459$, respectivamente).

Tabela 16). Os dois primeiros eixos explicaram 38% da variância, sendo 25,25% apenas no primeiro eixo.

A importância de cada variável em cada eixo foi avaliada usando o coeficiente de correlação de Pearson (r). As questões Q11 ($r = -0,328$), Q12 ($r = -0,379$), Q15 ($r = -0,460$), Q16 ($r = -0,488$) e Q18 ($r = -0,325$) foram mais importantes para compor o eixo 1 e as questões Q6 ($r = -0,496$), Q8 ($r = -0,347$) e Q13 ($r = 0,300$) tiveram maior importância no eixo 2. A questão 17 foi importante em tanto no primeiro ($r = -0,281$) como no segundo componente ($r = 0,499$), assim como a questão 18 ($r = -0,325$ e $r = 0,459$, respectivamente).

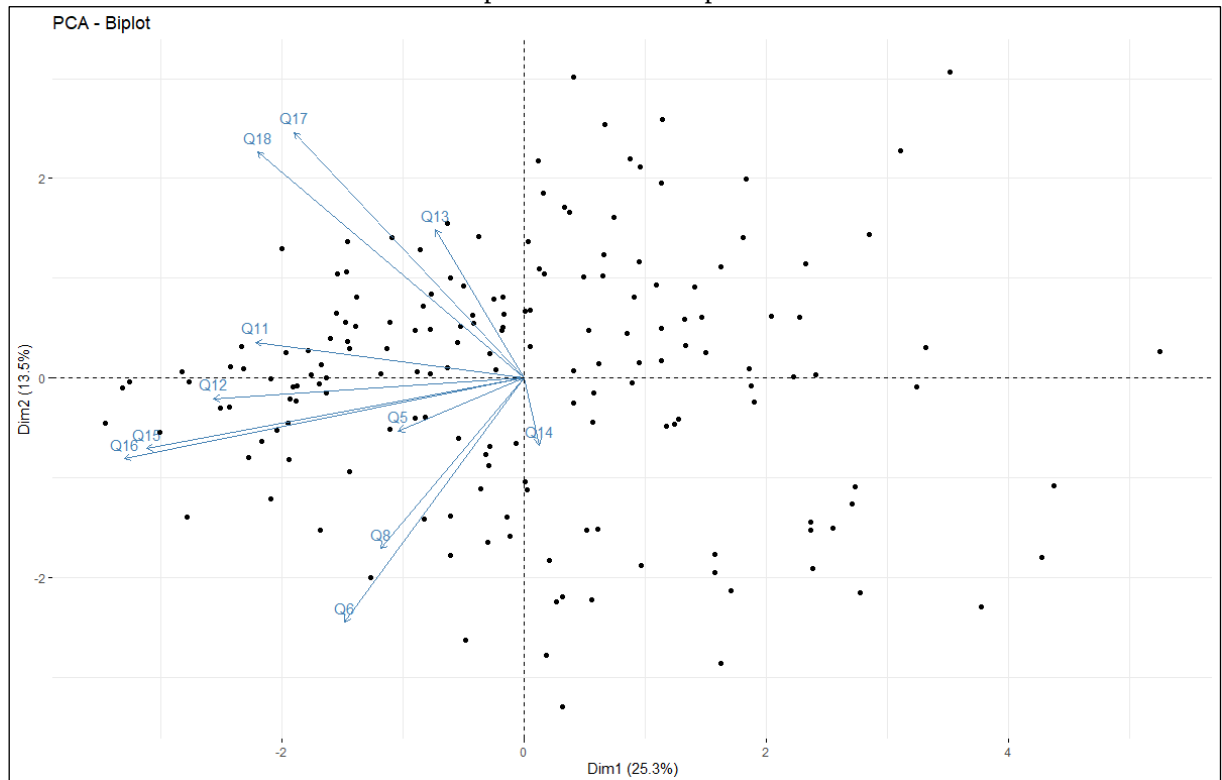
Tabela 16 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis e os dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais.

Questões	Q5	Q6	Q8	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18
Eixo 1	-0,154	-0,220	-0,175	-0,328	-0,379	-0,108	0,019	-0,460	-0,488	-0,281	-0,325
Eixo 2	-0,108	-0,496	-0,347	0,073	-0,042	0,300	-0,137	-0,144	-0,164	0,499	0,459

Fonte: (AUTOR 2020).

No gráfico biplot dos dois primeiros componentes principais (Figura 13) é possível perceber a direção e a força da correlação entre as variáveis, representadas pelas questões, e os eixos da ACP.

Figura 13 – Gráfico biplot da Análise de Componentes Principais, evidenciando as variáveis de acordo com a sua importância nos dois primeiros eixos.

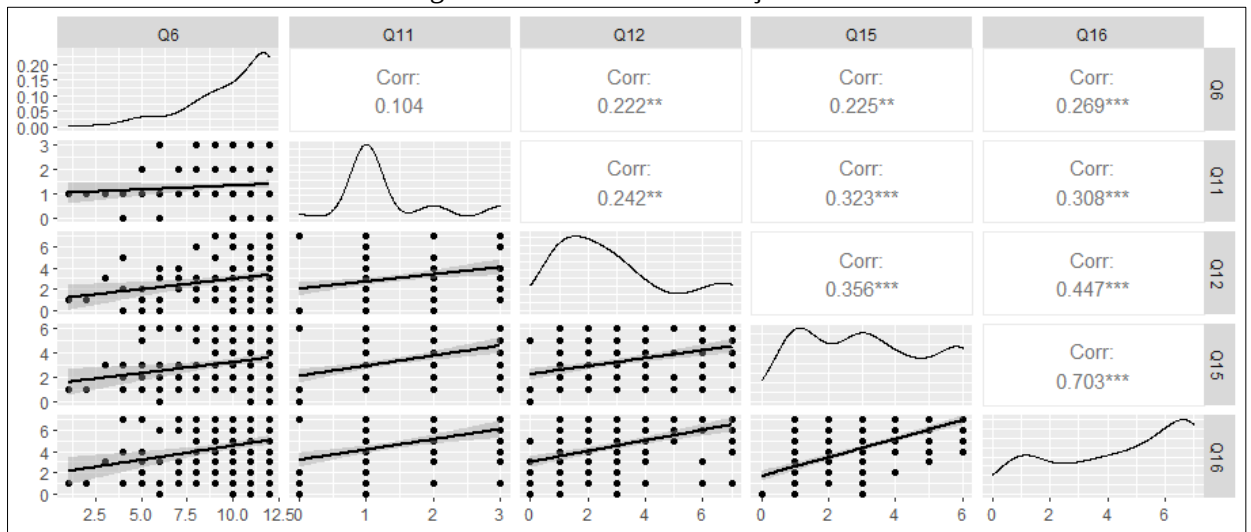


Fonte: (AUTOR 2020).

Dessa forma, podemos considerar a existência de um gradiente de aumento do conhecimento sobre a legislação (questões 11 e 12), especialmente da Política Nacional de Resíduos Sólidos (questões 17 e 18), e dos problemas e riscos envolvidos com o descarte incorreto (questões 15 e 16), assim como das vantagens da reciclagem (questão 16), no **sentido negativo** do primeiro componente principal.

Ainda, podemos observar na Figura 14 a correlação entre as variáveis: categoria do lixo (Q6), dever dos consumidores (Q11), agentes responsáveis (Q12), risco e problemas gerados (Q15) e vantagens da reciclagem entre si (Q16), apresentando sua distribuição, densidade e valores do Coeficiente de Correlação de Pearson (Corr.).

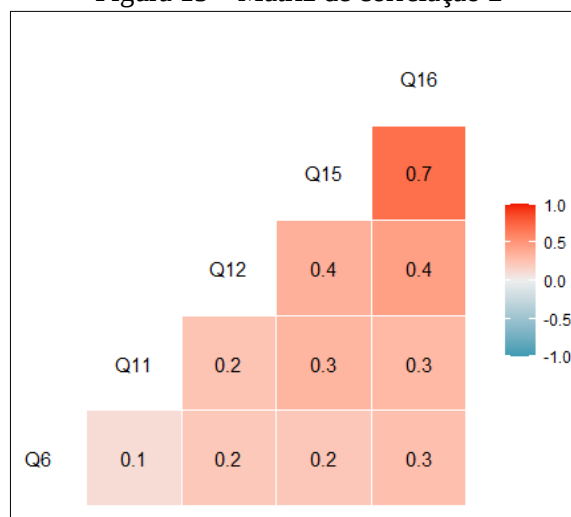
Figura 14 – Matriz de correlação 1



Fonte: (AUTOR 2020).

A Figura 15 mostra uma a matriz de correlação das questões, assim como na figura 14, em uma escala de -1 a 1. Podemos observar que as questões Q15 e Q16 estão altamente correlacionadas, o que significa que quem acertou a Q15 tem maior probabilidade de acertar a Q16. A correlação entre as questões Q6 e Q16 é baixa, isso vai ao encontro dos resultados obtidos nos eixos ACP pois, a Q16 está mais bem representada no ACP1 juntamente a Q15, Q11 e Q12, por exemplo, e a questão Q6 tem maior representatividade no PC2 mostrando menor correlação com o ACP1.

Figura 15 – Matriz de correlação 2



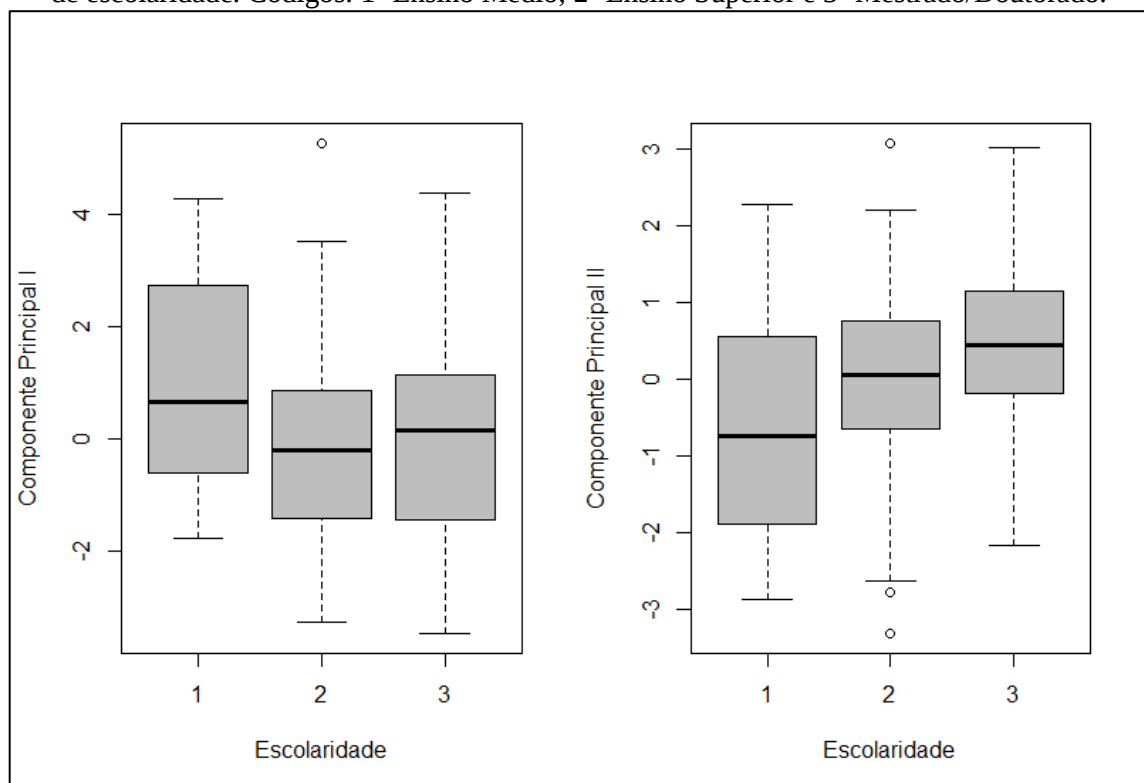
Fonte: (AUTOR 2020).

Complementando, o segundo componente principal pode ser interpretado como uma medida do conhecimento sobre a classificação dos resíduos, tratada nas questões Q6 e Q8,

separando os respondentes com menor conhecimento sobre esse aspecto no lado positivo e aqueles com maior conhecimento no lado negativo.

Na análise exploratória usando gráficos do tipo diagrama de caixa (boxplot), foi possível observar uma tendência dos respondentes com maior escolaridade (Ensino Superior, Mestrado/Doutorado) terem melhor desempenho geral no questionário (escores com valores mais baixos no primeiro eixo) do que aqueles apenas com Ensino Médio (**Erro! Autoreferência de indicador não válida.**). O primeiro boxplot compara os escores dos respondentes no CP1, correlacionado negativamente com as questões Q11, Q12, Q15, Q16 e Q18, e podemos observar que aqueles com mestrado/doutorado tiveram menores valores nesse eixo, seguido pelos indivíduos com ensino superior e por último com ensino médio. O segundo boxplot compara os escores dos respondentes no CP2 e podemos observar que o comportamento foi o contrário do CP1, com os indivíduos com ensino médio apresentando melhor desempenho nas questões Q6, Q8 e Q14, correlacionadas negativamente com o eixo 2.

Figura 16 – Boxplot dos escores dos respondentes nos dois primeiros eixos da ACP em função do grau de escolaridade. Códigos: 1- Ensino Médio; 2- Ensino Superior e 3- Mestrado/Doutorado.



Fonte: (AUTOR 2020).

5.5.2.1 RESULTADO GOODMAN-KRUSKAL

O valor da estatística Gamma entre a Frequência de Separação do Lixo Eletroeletrônico foi $Z = 4,0338$, $p\text{-value} < 0,0001$ (I. C. 95%: 0,201 – 0,555) considerando a faixa etária e $Z = 2,9698$, $p\text{-value} = 0,003$ (I. C. 95%: 0,126 - 0,543) considerando a Escolaridade, indicando a existência de associação monotônica entre esses fatores, com uma tendência de indivíduos mais velhos e/ou com maior escolaridade apresentarem maior frequência de separação do resíduo. Disponível em: (<https://www.rdocumentation.org/packages/MESS>).

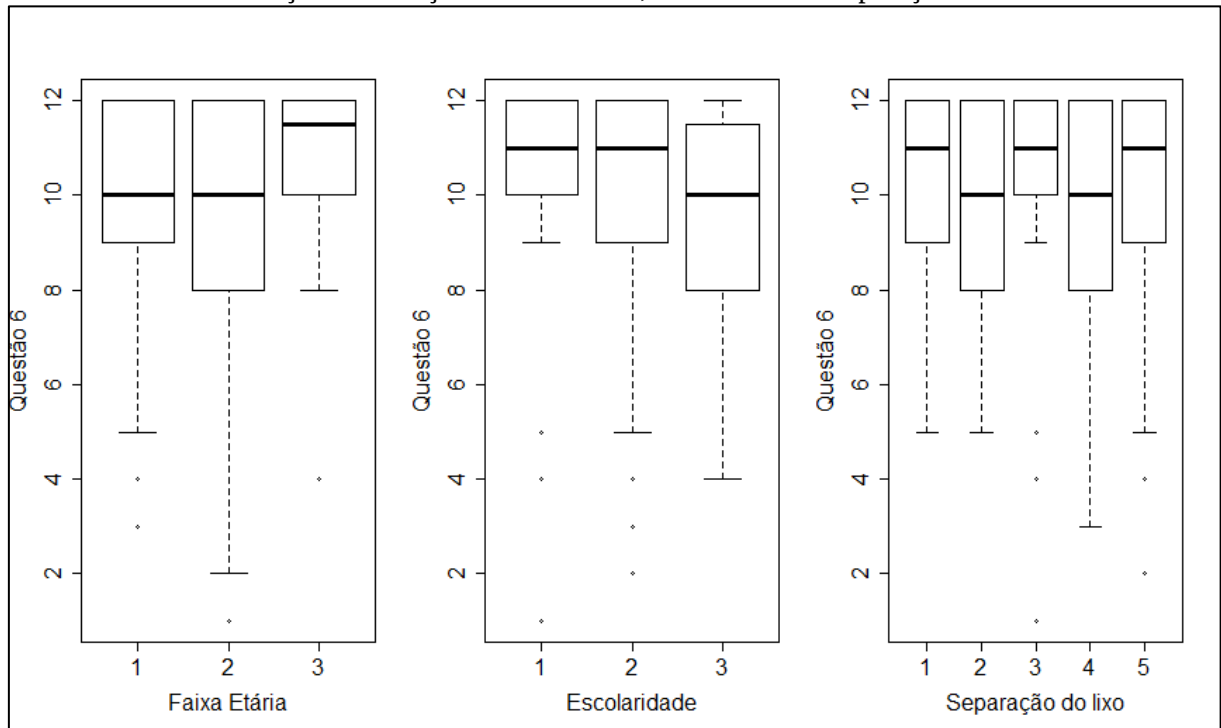
5.5.3. BOXPLOT

A Figura 17 – Boxplot dos escores dos respondentes correlacionado a variável Conhecimento das classificações em função da faixa etária, escolaridade e Separação do lixo. mostra a variação no desempenho dos respondentes na questão sobre conhecimento das classificações (Q6) de acordo com as variáveis faixa etária, escolaridade e separação do lixo. Em relação à variável faixa etária os respondentes com idade acima de 45 anos (faixa 3) tiveram melhor desempenho (maior mediana), o que mostra maior conhecimento sobre as classificações dos resíduos, do que os indivíduos com idade entre 30 a 44 anos (faixa 2) ou até 29 anos.

Para a variável escolaridade, os respondentes com ensino médio tiveram melhor desempenho, o que representa maior conhecimento no assunto, seguidos do ensino superior e os respondentes com mestrado/doutorado tiveram pior desempenho (menor mediana).

Analisando a separação do lixo, os números 3, 4 e 5, que representam respondentes que fazem a separação dos resíduos com maior frequência, contém aproximadamente 80% dos respondentes, indicando que a maior parte dos entrevistados pratica com alguma regularidade a separação dos resíduos domiciliar.

Figura 17 – Boxplot dos escores dos respondentes correlacionado a variável Conhecimento das classificações em função da faixa etária, escolaridade e Separação do lixo.



Fonte: (AUTOR 2020).

A Figura 18 – Boxplot dos escores dos respondentes correlacionado a variável agentes responsáveis pela gestão em função da faixa etária, escolaridade e Separação do lixo.apresenta a correlação entre a variável agentes responsáveis pela gestão (Q 12) com as variáveis faixa etária, escolaridade e separação do lixo.

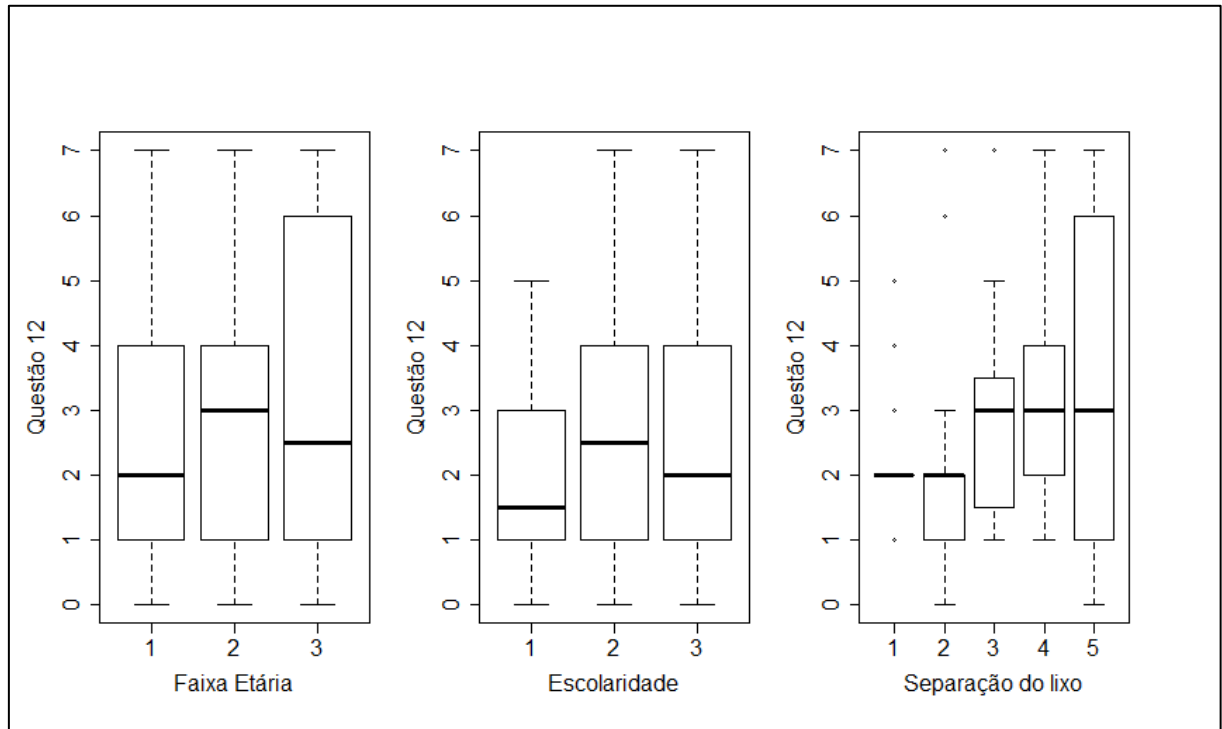
Para a variável faixa etária, os indivíduos dos 40 aos 44 anos tiveram melhor desempenho na questão Q12, refletindo maior responsabilidade individual e/ou compartilhada pela gestão do próprio resíduo, do que os indivíduos mais jovens ou mais velhos.

Em relação a escolaridade, indivíduos com ensino superior se sentem mais responsáveis pela gestão do resíduo frente aos demais pois tiveram maior número de acertos em relação a mediana, seguidos pelos indivíduos com mestrado e doutorado com menor mediana. Os indivíduos com ensino médio tiveram o menor número de acertos e nota máxima = 5, o que mostra que estes se sentem menos responsáveis pela gestão individual e/ou compartilhada dos resíduos gerados.

Em relação a separação do lixo a maior densidade de respondentes que acertaram a Q12 estão compreendidos entre o número 3 e 5, ou seja, os que mais separam o lixo se sentem mais responsáveis pela gestão dos resíduos e compreendem os indivíduos que separam com

alguma frequência ou quase sempre o lixo. Indivíduos que tiveram menor assertividade na questão raramente ou nunca separam o lixo, o que vai ao encontro de não se sentirem responsáveis pela gestão do lixo.

Figura 18 – Boxplot dos escores dos respondentes correlacionado a variável agentes responsáveis pela gestão em função da faixa etária, escolaridade e Separação do lixo.



Fonte: (AUTOR 2020).

A Figura 19 – Boxplot dos escores dos respondentes correlacionado a variável agentes responsáveis pela gestão em função da faixa etária, escolaridade e Separação do lixo. representa a correlação entre a variável risco e problemas gerados pelo descarte incorreto e as variáveis faixa etária, escolaridade e separação do lixo.

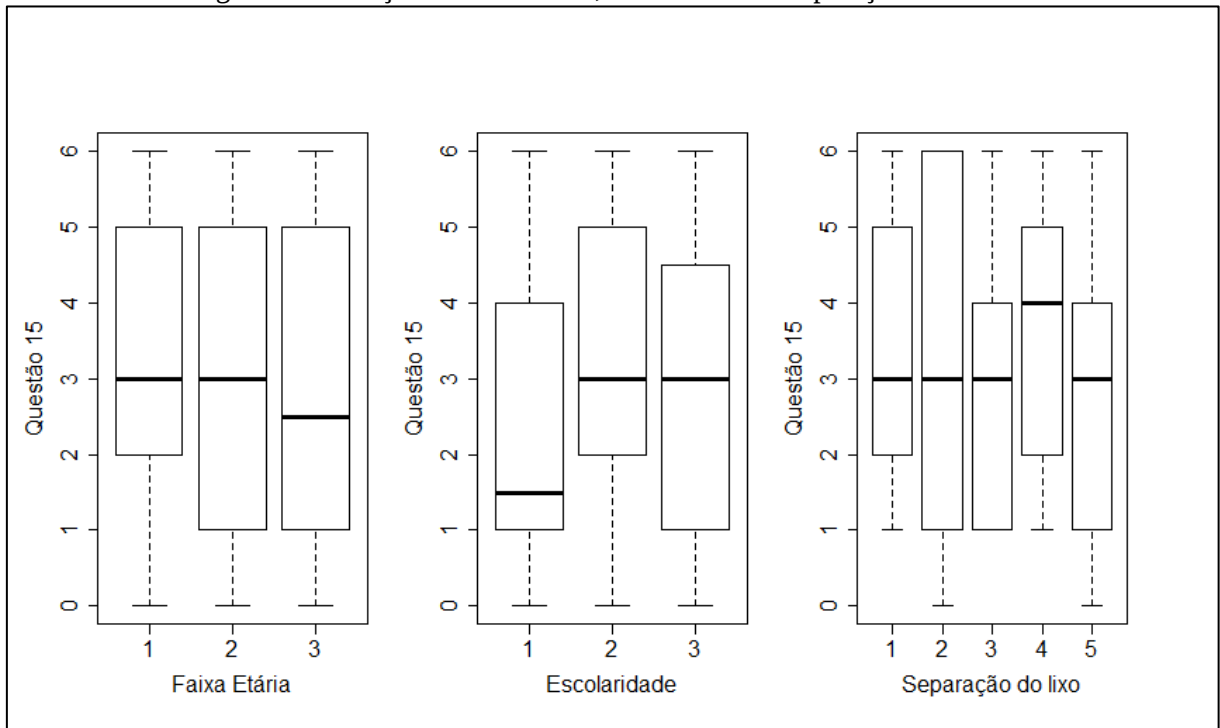
Para a variável faixa etária os indivíduos até 29 anos tiveram maior pontuação na questão Q15, representando um maior conhecimento sobre os risco e problemas gerados pelo descarte incorreto, seguidos pelos indivíduos de 30 a 44 anos que possuem a mesma mediana, mas uma distribuição diferente entre os quartis. Os indivíduos acima de 45 anos tiveram pior desempenho, mostrando um menor conhecimento no assunto.

Para a variável escolaridade, indivíduos com ensino superior tiveram a maior taxa de acerto, mostrando maior conhecimento no assunto, seguidos pelos indivíduos com mestrado/doutorado que apresentaram a mesma mediana, mas a distribuição dos quartis pio.

Por fim, os indivíduos com ensino médio que tiveram pior desempenho, apresentando a menor mediana.

Sobre a variável separação do lixo, os indivíduos que praticam a coleta seletiva com maior regularidade tiveram notas piores sobre o conhecimento do assunto o que mostra que a prática não está relacionada ao completo conhecimento da ação.

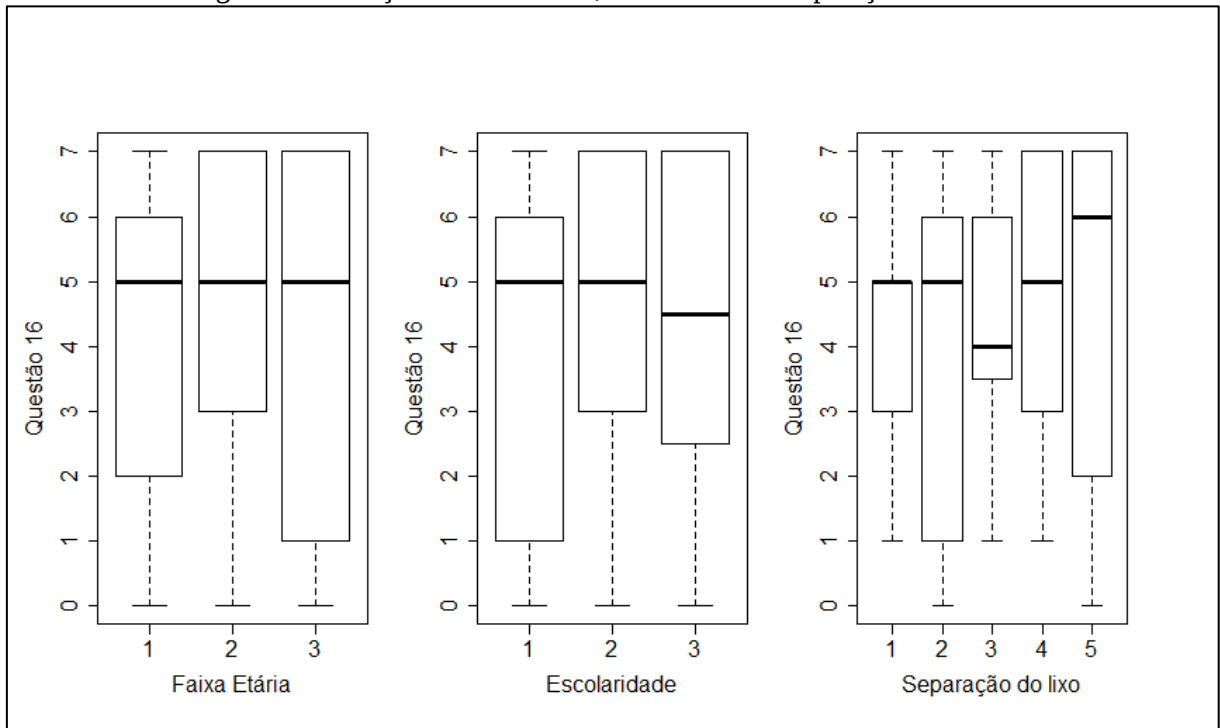
Figura 19 – Boxplot dos escores dos respondentes correlacionado a variável agentes responsáveis pela gestão em função da faixa etária, escolaridade e Separação do lixo.



Fonte: Autor (2020)

A figura 20 mostra a variação no desempenho dos respondentes na questão Q16 em relação à faixa etária, escolaridade e frequência de separação do lixo. É possível perceber que a mediana do número de acertos não variou entre as classes de idade nem entre os graus de escolaridade, mas apresentou uma tendência de aumento com a maior frequência de separação do lixo.

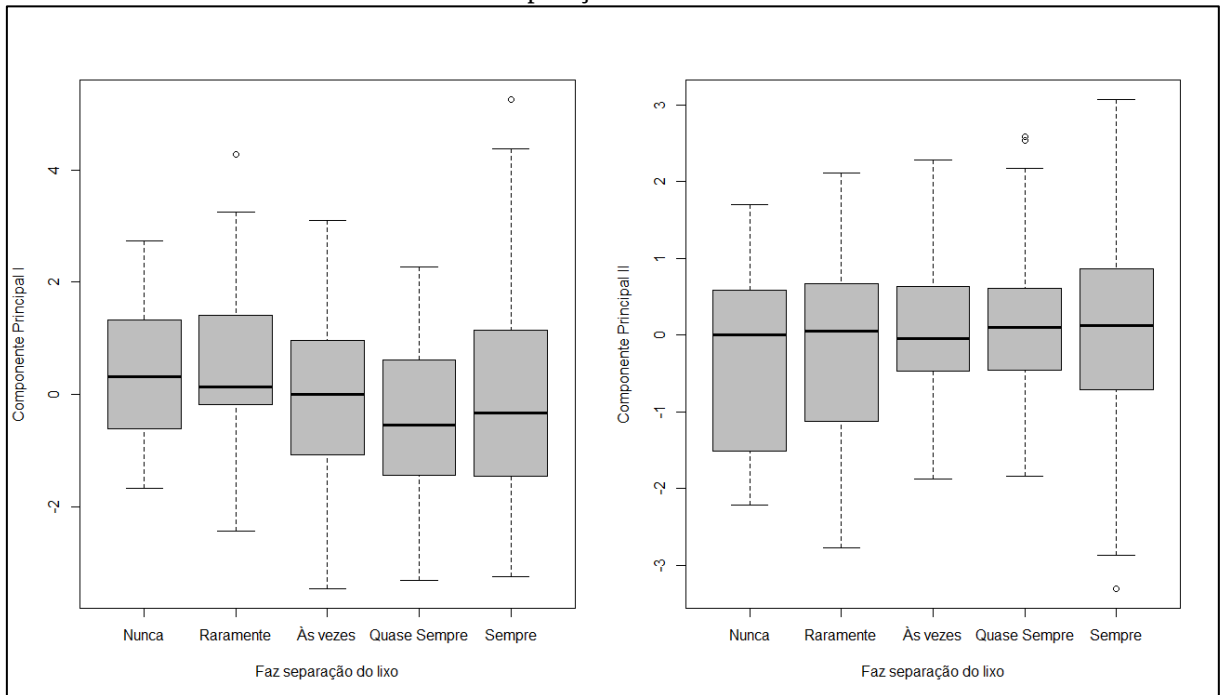
Figura 20 – Boxplot dos escores dos respondentes correlacionado a variável agentes responsáveis pela gestão em função da faixa etária, escolaridade e Separação do lixo.



Fonte: (AUTOR 2020).

Na Figura 21 pode-se observar que os indivíduos que têm maior regularidade na separação do lixo (categorias 4 e 5) tiveram medianas do lado negativo do ACP1, significando melhor desempenho no questionário, enquanto não houve diferença entre as medianas dos indivíduos de acordo com a frequência de separação do lixo no ACP2.

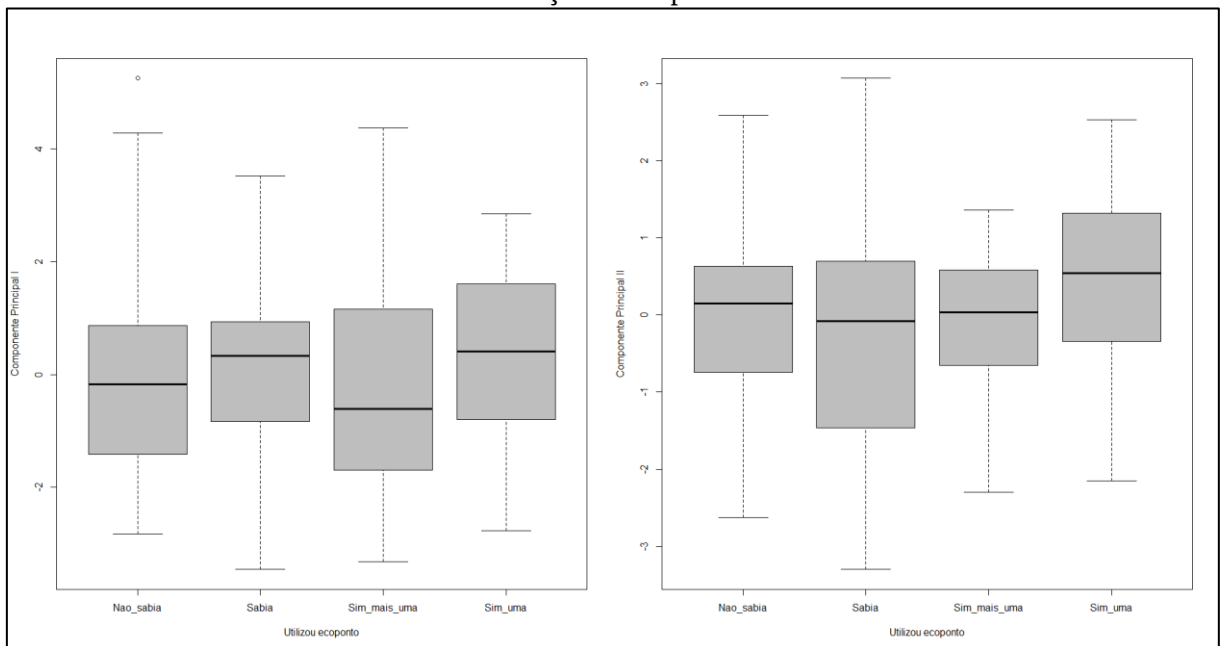
Figura 21 – Boxplot dos escores dos respondentes nos dois primeiros eixos da ACP em função da separação do lixo.



Fonte: (AUTOR 2020).

Na Figura 22, podemos perceber que os indivíduos que utilizaram ecoponto uma vez tiveram a menor mediana no CP1 e a maior no CP2.

Figura 22 – Boxplot dos escores dos respondentes nos dois primeiros eixos da ACP em função da utilização de ecoponto.



Fonte: (AUTOR 2020).

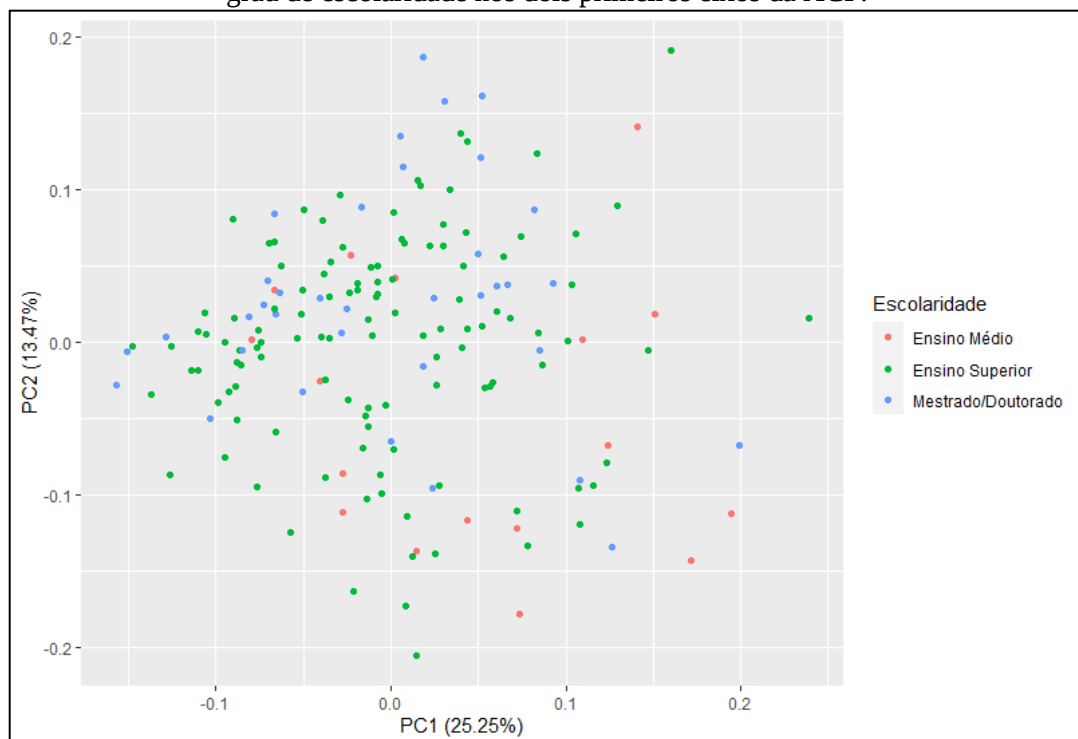
5.5.4. ANÁLISE DE VARIÂNCIAS (ANOVA)

Os escores dos respondentes nos dois primeiros eixos da ACP, considerando a pontuação nas Questões Q5, Q6, Q8, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, Q16, Q17 e Q18, foram utilizados em uma Análise de Variância Fatorial (ANOVA), explicada nos resultados a seguir.

Utilizando os escores dos eixos da ACP como variáveis dependentes e a faixa etária e a escolaridade como variáveis independentes, foi detectada a existência de diferença significativa entre os respondentes de acordo com o grau de escolaridade tanto no primeiro ($F_{2;171} = 4,084$; $p = 0,0185$) quanto no segundo ($F_{2;171} = 4,881$; $p = 0,0087$) componente principal, indicando um maior desempenho daqueles com Ensino Superior e Mestrado/Doutorado em relação aos que concluíram apenas o Ensino Médio.

Interessante notar também que aqueles com apenas Ensino Médio tiveram melhor desempenho nas questões Q6 e Q8, referentes à classificação dos resíduos eletrônicos, do que os respondentes com pós-graduação. Foi construído um gráfico de dispersão dos escores dos indivíduos nos dois primeiros componentes principais separando os respondentes de acordo com o grau de escolaridade para a visualização desses padrões (Figura 23).

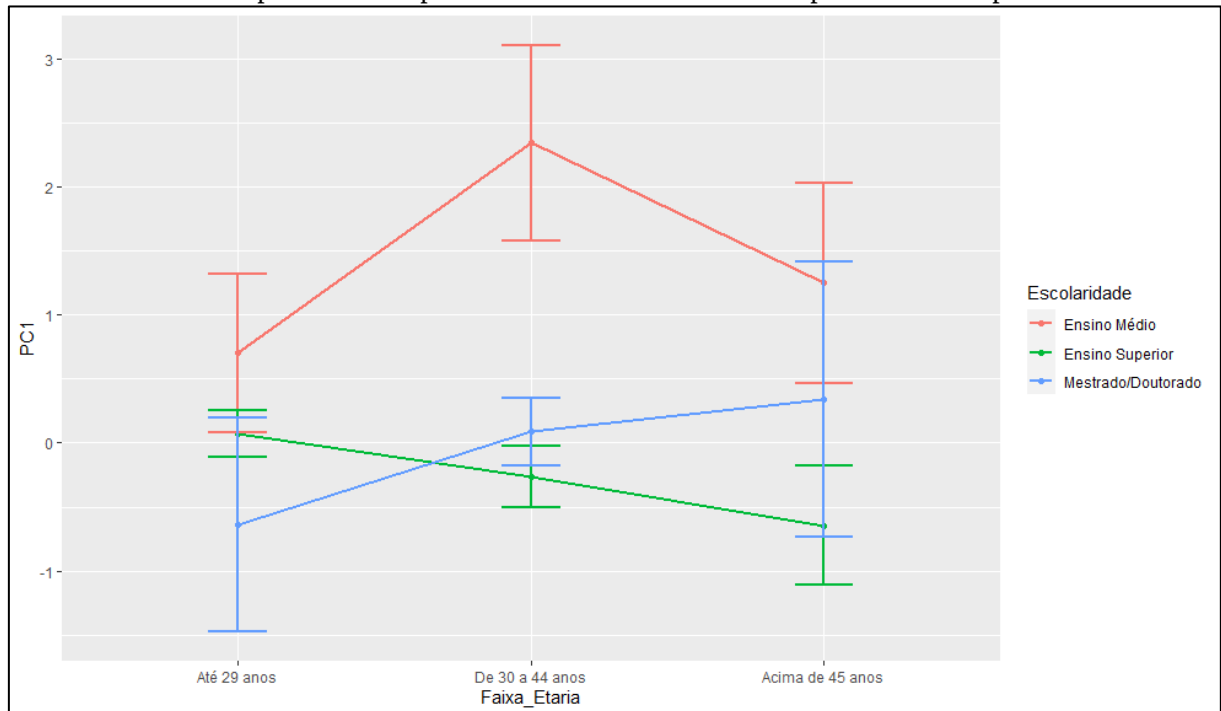
Figura 23 – Diagrama de dispersão dos respondentes de acordo com o grau de escolaridade nos dois primeiros eixos da ACP.



Fonte: (AUTOR 2020).

A diferença de desempenho de acordo com o grau de escolaridade se manteve igual nas três classes etárias, com os respondentes com apenas Ensino Médio apresentando valores maiores no primeiro componente principal, conforme indicado pela Análise de Variância de dois Fatores (significância da interação entre Faixa Etária e Escolaridade: $F_{4;165} = 1,391$; $p = 0,2393$) e pelo gráfico da interação. (Figura 24).

Figura 24 – Gráfico da interação entre os fatores Faixa Etária e Escolaridade, considerando os escores dos respondentes no primeiro eixo da Análise de Componentes Principais.



Fonte: (AUTOR 2020).

Ao realizar a análise de regressão ou ANOVA em R, as tabelas de saída conterão p-valores para as variáveis usadas na análise com os códigos de significância correspondentes. Esses códigos de significância são exibidos como asterisco (**) se as variáveis forem estatisticamente significativas. Figura 25

Figura 25 – Escala de significância

significance code	p-value
***	[0, 0.001]
**	(0.001, 0.01]
*	(0.01, 0.05]
.	(0.05, 0.1]
	(0.1, 1]

Fonte: (AUTOR 2020).

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1. CONCLUSÕES

O presente trabalho atingiu o objetivo de analisar a relação dos indivíduos moradores do município de Barueri com o lixo eletroeletrônico através da Lei Política Nacional de Resíduos Sólidos. Os indivíduos envolvidos foram estudados com ajuda do questionário, o que possibilitou o mapeamento e teste das hipóteses inicialmente propostas e vários problemas foram detectados e discutidos.

Este trabalho contribui para corroborar a hipóteses iniciais proposta pela pesquisa:

1. A atual situação da legislação ambiental é frágil, pouco conhecida e raramente aplicada, no que tange aos consumidores do REEE.
2. Os moradores do município têm baixo conhecimento do assunto sobre a destinação correta dos resíduos, benefícios da coleta e tratamento correto dos resíduos eletroeletrônicos de uso doméstico e a principal justificativa é a falta de conhecimento e/ou educação ambiental prévia para lidar com o assunto.
3. Os indivíduos têm baixo conhecimento sobre os risco e malefícios do descarte incorreto, e por isso não tratam o assunto com seriedade e preocupação.
4. Os indivíduos têm baixa familiaridade com os conceitos logística reversa e responsabilidade compartilhada, o que corrobora com a conclusão do baixo conhecimento na Lei e pouco ou nenhum acesso a políticas ambientais educacionais.
5. Entre as possíveis hipóteses para o descarte incorreto explorado no questionário foram: não existe postos de coleta próximo a residência, não tenho conhecimento do que são ecopontos ou sua existência, as crianças misturam os resíduos no dia a dia.

A partir da leitura da Lei de PNRS é possível notar que a maioria dos problemas estudados e encontrados no estudo foram abordados nela e elaborados de algum modo uma solução/planos de ação, tanto com etapas quanto com prazos, contudo sua aplicabilidade é muita baixa ou inexistente. Os desafios para sua aplicação enfrentam desde a falta de recursos financeiros, falta de preocupação dos agentes envolvidos e um histórico de negligência do poder público com a sustentabilidade do país, visto a publicação tardia da lei.

Contudo, o tema vem ganhando relevância no meio acadêmico no Brasil e no mundo conforme os gráficos apresentados e a expectativa é que nos próximos anos o tema seja tratado com mais atenção e responsabilidade e o tratamento dos resíduos eletrônicos seja comum como de qualquer outro resíduo.

Nota-se também que os indivíduos que compreenderam a amostra estariam dispostos a tratar de maneira correta seus resíduos se fossem dispostos meios para isso.

Em relação às análises podemos concluir que a escolaridade afeta tanto o conhecimento sobre a legislação quanto à frequência no descarte correto dos resíduos, com melhor desempenho e atitudes mais ambientalmente corretas entre aqueles com Mestrado e Doutorado.

Os respondentes com apenas Ensino Médio tiveram melhor desempenho na classificação dos resíduos eletrônicos, mas menor frequência no descarte correto e conceitos que envolvem a lei.

A variável faixa etária não apresentou resultados significativos nos testes, mas é possível observar a partir do gráfico de frequência que quanto maior a faixa etária as opções com baixa frequência na coleta seletiva não são selecionadas. O baixo número de respondentes nessa faixa pode ser uma justificativa para esse padrão, assim cabe como sugestão em trabalhos futuros aumentar o tamanho da amostra em todas as idades.

Por fim, a análise multivariada em Gamma apresentou resultados significativos entre as variáveis grau de escolaridade e faixa etária com a variável frequência na separação do lixo, apresentando uma tendência de indivíduos mais velhos e/ou com maior escolaridade apresentarem maior frequência de separação dos resíduos.

Ficaria também como sugestão ao poder público incentivar atitudes de separação e descarte correto de resíduos no Ensino Médio e não só a classificação.

6.2. TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, aumentar o tamanho da amostra pode apresentar novas significâncias ou correlações. Aumentar também a região de estudo em esfera estadual ou nacional pode explorar outras justificativas para as hipóteses testadas.

Estudar o conhecimento sobre o tema resíduos eletrônicos aos demais agentes envolvidos como: fabricantes, distribuidores e comerciantes podem mostrar outras perspectivas e impasses da aplicabilidade da lei não listados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABCOMM. **E-commerce cresce, mesmo durante a pandemia – Abcomm – Associação Brasileira de Comércio Eletrônico**. Disponível em: <<https://abcomm.org/projetos/>>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- ACOSTA, B.; WEGNER, D.; PADULA, A. Logística reversa como mecanismo para redução do impacto ambiental originado pelo lixo informático. p. 1–12, 2007. Disponível em: <<http://www.periodicosibepes.org.br/index.php/recadm/article/view/67>>.
- ADRIAN, S. et al. **The Global E-waste Monitor 2020 - Quantities, flows, and the circular economy potential**. 3. ed. [s.l.: s.n.]
- ARAÚJO, E. P.; COSTA, J.; ARAÚJO, M. **Educação ambiental: um estudo sobre a percepção de educandos referente à temática do lixo eletrônico**. [s.l.: s.n.].
- BECKER, R. &. Educação ambiental e sustentabilidade. **Revista Eletrônica em Gestão**, v. 5, n. 5, p. 857–866, 2012.
- BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos**.
- CARVALHO, T. C. M. de B. et al. **Projeto Eco-Eleto Fase 2**. Disponível em: <<http://www.ecoeletrofase2.com.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- CERETTA, E.; FAVERA, D. **Lixo Eletrônico e a Sociedade**. 2008. 2008. Disponível em: <https://www.mobilizadores.org.br/wp-content/uploads/2014/05/artigo_favera.pdf>.
- CRUZ, P. et al. Logística Reversa e Sustentabilidade. **2016**, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.uninove.br/iptec>>.
- FERREIRA, D.; SILVA, J.; GALDINO, J. **Reciclagem do lixo eletrônico**. 2007. 2007. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/559/389>>.
- GIL, A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª ed ed. [s.l.] 2002, 2002.
- GUEDES, T. **Estatística Descritiva**. 2005. 2005. Disponível em: <http://www.each.usp.br/rvicente/Guedes_etal_Estatistica_Descritiva.pdf>.
- KRAEMER, M. E. P. **A Contabilidade e sua Responsabilidade Social e Ambiental**.
- LIRA, WALESKA; CÂNDIDO, G. **Gestão Sustentável dos Recursos Naturais**. 2013. 2013.
- MAGERA. **Os caminhos do Lixo**.
- MARCHI, C. F. Cenário mundial dos resíduos sólidos e o comportamento corporativo brasileiro frente à logística reversa. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, v. 1, n. 2, p. 118–135, 2011.
- MARIA, S. et al. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial-ABDI**. Disponível em:

<<https://www.abdi.com.br/>>.

MARTINS, C.; LUIZ, M.; FERREIRA, R. O survey como tipo de pesquisa aplicado na descrição do conhecimento do processo de gerenciamento de riscos em projetos no segmento da construção. **VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, 2011. Disponível em:

<https://www.inovarse.org/sites/default/files/T11_0362_1839.pdf>.

MAURER, C. et al. Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies. Recycling. 2009.

MENDES, T. O. .; MARTINS, S. O. .; MONTEIRO, R. L. . **O lixo tecnológico: destino e consequência no município de São Miguel do Guamá.**

OLIVEIRAS, S. S. V. **Uma Solução Tecnológica e Social para um problema ambiental.**

PALLONE, S. **Resíduo eletrônico: redução, reutilização, reciclagem e recuperação Com Ciência.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

<<https://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=32&id=379>>.

PARANHOS, R. et al. Vista de Corra que o survey vem aí. 2014.

PEDERSEN, S. W. Electronics industry environmental roadmap. In: IEEE International Symposium on Electronics & the Environment, **Anais...IEEE**, 1995.

QUINTANA; BENETTI. **Ciência e Natura**, 2016. . (Nota t?cnica).

RIGOTTI, C. **Gestão do lixo eletrônico nos municípios de abrangência das SDR do extremo oeste de Santa Catarina.** 2011. 2011. Disponível em:

<<http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/10/Claudia-Michele-Rigotti.pdf>>.

SAMPAIO, N. **Aplicações da correlação e regressão linear.** 2008. 2008. Disponível em:

<<https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/52.pdf>>.

SURVEY MONKEY. **Calculadora de margem de erro.**

TARTAROTTI, L.; LARENTIS, F. Indústria 4.0: Mudanças e Perspectiva. 2018. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/328943948>>.

VILELA, S. **Projeto de Criação de Cadeia de Transformação de Lixo Eletrônico da Universidade de São Paulo.** 2008. 2008.

VINUTO, J. **A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto.** 2014. 2014.

WIDMER, R. et al. **Global perspectives on e-waste.** [s.l.] Elsevier Inc., 2005. v. 25

WILKINSIN, SIMON DUFFY, NOEL CROWE, MATT NOLAN, K. **Waste from electrical and electronic equipment(WEEE).** 2001. 2001. Disponível em:

<https://www.epa.ie/pubs/reports/waste/weee/EPA_electric_electronic_waste_2001.pdf>.

ANEXO 1 – Questionário Survey

1. Qual é a sua faixa etária?

- ☐ Até 17 anos.
- ☐ Entre 18 e 29 anos.
- ☐ Entre 30 e 44 anos.
- ☐ Entre 45 a 59 anos.
- ☐ Acima de 60 anos

2. Qual seu grau de escolaridade?

- ☐ Não possuo instrução formal.
- ☐ Ensino Fundamental.
- ☐ Ensino Médio.
- ☐ Ensino Superior.
- ☐ Mestrado/Doutorado.

3. Você faz a separação do lixo produzido em casa?

- ☐ Nunca.
- ☐ Raramente.
- ☐ Às vezes.
- ☐ Quase sempre.
- ☐ Sempre.

4. Se você não faz a separação do lixo produzido em casa, aponte um dos principais motivos para isso:

- ☐ Não se aplica, pois eu sempre faço a separação.
- ☐ Por falta de hábito eu acabo esquecendo.
- ☐ Dá muito trabalho.
- ☐ Não há uma coleta regular dos materiais recicláveis onde eu moro.

- ☐ Eu não sei muito bem quais materiais podem ser reciclados.
- ☐ Outro (especifique).

5. Com base em seus conhecimentos, selecione dentre as opções abaixo a que melhor define o que são resíduos eletroeletrônicos.

- ☐ Resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais.
- ☐ Resíduos gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil.
- ☐ Resíduos originários de atividades domésticas em residências urbanas, cujo funcionamento depende de correntes elétricas com tensão nominal de, no máximo, duzentos e quarenta volts.
- ☐ Resíduos originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários.
- ☐ Resíduos gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

6. Selecione dentre os produtos abaixo quais você acredita que entram na categoria de lixo eletroeletrônico:

- ☐ Celulares.
- ☐ Notebooks.
- ☐ Pilhas e baterias.
- ☐ Tablets.
- ☐ Impressoras.
- ☐ Fones de ouvido.
- ☐ Aparelhos de som.
- ☐ Jogo de videogame.
- ☐ Aparelho de micro-ondas.
- ☐ Lâmpadas.

7. Durante a pandemia deste ano, o consumo de equipamentos eletrônicos cresceu exponencialmente em todo país. A venda de notebooks e tablets, por exemplo, cresceu 173% desde março. Já a venda de TVs e celulares subiu 126% e 125%, respectivamente. Você adquiriu algum equipamento eletrônico novo durante a pandemia do novo coronavírus?

- ☐ Sim, adquiri um equipamento eletrônico novo durante a pandemia.
- ☐ Sim, adquiri mais de um equipamento eletrônico novo durante a pandemia.
- ☐ Não adquiri nenhum equipamento eletrônico durante a pandemia.

8. Pilhas e baterias podem ser incluídas na categoria de resíduos eletroeletrônicos? w

☐ Sim, porém, em função de suas características próprias e formas de manuseio diferenciadas, as pilhas, baterias e lâmpadas possuem sistemas independentes de coleta e destinação.

- ☐ Não, pilhas e baterias não são consideradas resíduos eletroeletrônicos.

9. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cidades com população superior a 90 mil habitantes possuem sistema de coleta de equipamentos eletrônicos, inclusive com coleta em domicílio. Alguma vez você já agendou ou utilizou este serviço na sua cidade?

- ☐ Sim, utilizei uma vez.
- ☐ Sim, utilizei mais de uma vez.
- ☐ Não, nunca utilizei, mas tinha conhecimento de sua existência.
- ☐ Não, nunca utilizei e não tinha conhecimento de sua existência.

10. Cidades brasileiras com população superior a 90 mil habitantes, de acordo com a PNRS, possuem postos permanentes e rotativos para coleta de resíduos eletrônicos conhecidos como ecopontos. Você já utilizou algum desses postos para descartar seu lixo eletrônico?

- ☐ Sim, utilizei uma vez.
- ☐ Sim, utilizei mais de uma vez.
- ☐ Não, nunca utilizei, mas tinha conhecimento de sua existência
- ☐ Não, nunca utilizei e não tinha conhecimento de sua existência.

11. A legislação brasileira trata de modo específico os resíduos eletrônicos e atribui responsabilidades aos fabricantes, distribuidores, vendedores e consumidores desses equipamentos. Dentre as opções abaixo, qual (quais) segundo a lei, é dever dos consumidores:

- ☐ Segregar e armazenar os produtos eletroeletrônicos separadamente das outras frações de resíduos sólidos;
- ☐ Remover, previamente ao descarte, as informações e os dados privados e os programas em que eles estejam armazenados nos produtos eletroeletrônicos, discos rígidos, cartões de memória e estruturas semelhantes, quando existentes;
- ☐ Descartar os produtos eletroeletrônicos de forma adequada e desligados, nos pontos de recebimento específicos do sistema de logística reversa, observados os procedimentos e as orientações relativas aos descartes constantes dos manuais dos produtos.

12. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) Lei nº 12.305/10 é a regulamentação brasileira mais atual que define as diretrizes da gestão e descarte de resíduos eletrônicos. Dentre as alternativas abaixo, segundo esta lei, selecione quais são os agentes responsáveis por esta gestão: (1 ou mais)

- ☐ Fabricantes.
- ☐ Consumidores.
- ☐ Distribuidores.
- ☐ Transportadores.
- ☐ Revendedores.
- ☐ Gestores municipais, estaduais e federais.
- ☐ Importadores.

13. Você sabe qual o tipo de lixo que mais cresce no Brasil e no mundo?

- ☐ Lixo orgânico.
- ☐ Lixo reciclável.
- ☐ Lixo doméstico.
- ☐ Lixo comercial.
- ☐ Lixo industrial.

- ☐ Lixo hospitalar.
- ☐ Lixo eletrônico.
- ☐ Lixo radioativo.

14. Qual você acredita que seja a porcentagem de resíduos eletroeletrônicos que é coletada e reciclada da maneira correta no mundo atualmente ?

- ☐ 5%.
- ☐ 10%.
- ☐ 20%.
- ☐ 30%.
- ☐ 40%.

15. Dentre as alternativas abaixo, selecione quais os riscos e os problemas gerados pelo descarte inadequado de resíduos eletrônicos.

- ☐ Contaminação do solo e da água com substâncias tóxicas e metais pesados.
- ☐ Problemas de saúde leves como cefaleia e náusea até problemas graves como neurológicos e renais.
- ☐ Maior exploração dos recursos naturais e assim maior degradação do meio ambiente.
- ☐ Contaminação do ar quando sofrem combustão, ocasionando diminuição da expectativa de vida.
- ☐ Acúmulo de embalagens, plásticos e metais em lixões e aterros.
- ☐ Aumento da emissão de gases do efeito estufa, o que contribui para o aquecimento global.

16. Dentre as alternativas abaixo, aponte as vantagens de reciclar resíduos eletroeletrônicos.

- ☐ Benefícios econômicos da reciclagem de metais preciosos como ouro, prata, cobre e platina.
- ☐ Benefícios ambientais como diminuir a emissão de CO2 na atmosfera.

☐ Benefícios para a saúde, uma vez que alguns componentes desses aparelhos podem ser nocivos para os seres humanos e animais.

☐ Estar em consonância com políticas mundiais de sustentabilidade.

☐ Geração de emprego e renda.

☐ Retirada de metais pesados da natureza.

☐ Promoção da educação ambiental.

17. “Conjunto de atribuições individualizadas dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos”. A definição acima está relacionada com qual conceito da Política Nacional de Resíduos Sólidos?

☐ Conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

☐ Conceito de logística reversa.

18. "Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”. A definição acima está relacionada com qual conceito da Política Nacional de Resíduos Sólidos?

☐ Conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

☐ Conceito de logística reversa.