

DAVID ALLAN FRANÇA

**Uma investigação sobre Economia Circular aplicada à cadeia de valor da
Indústria de Eletroeletrônicos no Brasil**

**São Paulo
2024**

DAVID ALLAN FRANÇA

**Uma investigação sobre Economia Circular aplicada à cadeia de valor da
Indústria de Eletroeletrônicos no Brasil**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Roberta de
Castro Souza Pião

**São Paulo
2024**

FICHA CATALOGRÁFICA

França, David Allan

**Uma investigação sobre Economia Circular aplicada à cadeia de valor da Indústria de Eletroeletrônicos no Brasil / D. A. França -- São Paulo, 2024.
135 p.**

Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

**1. Economia Circular 2. Resíduos Eletroeletrônicos
3. Sustentabilidade 4. Logística Reversa 5. Gestão de resíduos eletrônicos. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.**

À minha mãe,
meu exemplo e
melhor amiga

AGRADECIMENTOS

À minha família, principalmente aos meus pais, Rose Lima e José Wilson. Obrigado por todo apoio e incentivo, não somente durante o período de graduação, mas durante toda a minha vida. Vocês são a minha inspiração e o motivo por eu nunca ter desistido, mesmo com todas as dificuldades. Obrigado por terem me ensinado a importância e o poder que os estudos possuem. Em especial, obrigado a minha mãe, Rose, que sempre fez o possível e impossível para que eu pudesse realizar o nosso sonho de concluir um curso de ensino superior. Obrigado por tudo. É uma honra poder dar orgulho a senhora, mãe. Eu te amo, e sem você eu nada seria.

À Kelly Zangarini, que sempre esteve ao meu lado sendo meu porto seguro e me motivando a continuar. Você me deu forças e acreditou em mim quando eu achava ser impossível. Seu apoio incondicional e seu incentivo foram fundamentais para que eu pudesse me sentir capaz de concluir essa etapa. Você é minha inspiração. Obrigado por tudo. Eu te amo.

Ao Centro Acadêmico de Engenharia de Produção – CAEP, por terem me acolhido desde o primeiro momento e por me mostrar que a Poli também era o meu lugar. Obrigado por serem um refúgio para os alunos durante o cansativo período de graduação. Obrigado também à Cris e ao Osni por todo apoio e amizade durante esses anos. Jamais esquecerei de vocês.

Aos amigos que a Poli me trouxe, em especial, Ana, Cauê, Chuang, Eike, Marina, Pereira, Perito, Pescoço, Picchi, Raíssa e Serginho. Vocês fizeram com que os meus dias fossem mais leves e me ajudaram a superar as dificuldades. Obrigado pelas horas de estudo nas mesas de pedra e nas mesas da civil. Levarei vocês para sempre, Maneiros.

À Maria Clara, Costa, Pira, Ellen, Frei e Luciana, que tanto me incentivaram e foram alguns dos maiores responsáveis para que eu não desistisse da graduação. Vocês acreditaram em mim quando eu não tinha mais forças para isso. Sempre disse a vocês o quão grato eu era, e hoje eternizo a minha gratidão por cada ação de carinho e afeto que vocês tiveram comigo. Obrigado por tudo. Vocês são incríveis e espero tê-los comigo para sempre.

À minha orientadora, Prof. Dra. Roberta de Castro Souza Pião, por ter aceitado me orientar nessa jornada, pela paciência, empatia, dedicação e por ter me transmitido todo o conhecimento necessário para construir este trabalho. Por mais docentes como você. Obrigado.

À Escola Politécnica da USP e seus professores, agradeço por todas as oportunidades e ensinamentos que me proporcionaram. Ter acesso a uma universidade pública de excelência como essa, pode mudar a realidade de muitas pessoas, assim como a minha. O ensino público superior é um privilégio e uma responsabilidade, e espero contribuir para que muitos outros alunos e alunas possam ter a mesma chance que eu tive. A USP é de vocês.

“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo” (Albert Einstein).

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo detalhar os processos de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos e a sua estruturação no Brasil. Além disso, busca comparar os processos de gerenciamento de resíduos que ocorrem no país com processos existentes em outras regiões com taxas de reciclagem superiores, para entender quais medidas o Brasil poderia aprimorar ou incorporar ao seu plano de gestão de resíduos sólidos. Para alcançar os objetivos propostos, foi efetuada uma revisão da literatura sobre os fundamentos da Economia Circular e sua aplicabilidade global e no Brasil, bem como entrevistas com oito agentes do setor, diretamente ligados a cadeia da gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no país. Os resultados indicam a importância de aumentar a conscientização pública, e de desenvolver e aprimorar ações para impulsionar a gestão de resíduos eletroeletrônicos no país. Além disso, os resultados obtidos permitem a elaboração de um quadro comparativo dos processos de gerenciamento de resíduos em diferentes nações, visando identificar oportunidades de melhoria e contribuir para a sustentabilidade ambiental e econômica no Brasil.

Palavras-chave: Economia Circular, Resíduos Eletroeletrônicos, Logística Reversa, Gestão de Resíduos, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The aim of this study is to detail the processes of recycling electronic waste and its structuring in Brazil. Furthermore, it seeks to compare the waste management processes occurring in the country with those existing in other regions with higher recycling rates, to understand which measures Brazil could improve or incorporate into its solid waste management plan. To achieve the proposed objectives, a literature review was conducted on the fundamentals of the circular economy and its global and Brazilian applicability, as well as interviews with eight sector agents directly linked to the electronic waste management chain in the country. The results indicate the importance of increasing public awareness and developing and enhancing actions to boost electronic waste management in the country. Additionally, the results obtained allow for the creation of a comparative framework of waste management processes in different nations, aiming to identify opportunities for improvement and contribute to environmental and economic sustainability in Brazil.

Keywords: Circular Economy, E-Waste, Reverse Logistics, Waste Management, Sustainability

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo de Produção Linear	33
Figura 2 – Diagrama do sistema de Economia Circular	37
Figura 3 – Distribuição da composição de resíduos eletroeletronicos	42
Figura 4 – Principais fontes de <i>e-waste</i>	43
Figura 5 – Sistema de Logística Reversa: Instrumentos e Stakeholders.....	54
Figura 6 – Rotas de reciclagem de resíduos eletroeletronicos no Brasil.....	55
Figura 7 – Rotas formais e informais de resíduos eletroeletronicos no Brasil.....	57
Figura 8 – Fluxo das atividades de pesquisa.....	60
Figura 9 - Amostragem <i>snowball</i>	62
Figura 10 - Organograma da Organização 1	69
Figura 11 - Coordenação de atividades da Organização 1	70
Figura 12 - Fluxograma de processos da Organização 1	71
Figura 13 - PEV da Organização 1 em shopping de São Paulo	72
Figura 14 - Organograma da Organização 2	74
Figura 15 - Fluxograma de processo da Organização 2	76
Figura 16 - Organograma da Organização 3	78
Figura 17 - Fluxograma de processos da Organização 3	79
Figura 18 - CoEs da Organização 4	82
Figura 19 - Fluxograma de processos da Organização 5	83
Figura 20 - Organograma da Organização 5	84
Figura 21 - Organograma da Organização 6	86
Figura 22 - Fluxograma de processos da Organização 6	87
Figura 23 - Organograma da Organização 7	90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Expectativa de geração de REEE entre 2019 e 2030.....	44
Gráfico 2 - Número de matérias primas reaproveitas pela Organização 2	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estratégias de Economia Circular	38
Tabela 2 - Categorias de EEE com descrições	41
Tabela 3 - Padrões globais de geração de resíduos eletroeletrônicos	44
Tabela 4 - Gerenciamento de resíduos eletrônicos em diferentes países	48
Tabela 5 - Quadro comparativo - Versão Inicial.....	58
Tabela 6 - Dados secundários da pesquisa	64
Tabela 7 - Descrição das entrevistas realizadas	65
Tabela 8 - Quadro Comparativo - Versão Final.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABRADISTI	Associação Brasileira da Distribuição de Produtos e Serviços de Tecnologia da Informação
ABREE	Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ASSESPRO	Associação das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação
CAPDA	Comitê das Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento na Amazônia
CATI	Comitê da Área de Tecnologia da Informação e Comunicação
CDF	Certificado de Destinação Final
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CFT	Cadastro Técnico Federal
CoE	Centro de Excelência
CONDESB	Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Baixada Santista
CR	Certificado de Regularidade
CRC	Centro de Reconhecimento de Computadores
EC	Economia Circular
EEE	Equipamentos Eletroeletrônicos
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
FIT	Instituto de Tecnologia
GMRS	Gestão Municipal de Resíduos Sólidos
HARL	<i>Home Appliance Recycling Law</i>

IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICT	Instituto de Ciência e Tecnologia
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, inovações e Comunicações
MEC	Ministério da Educação
MAA	Ministério do Meio Ambiente
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduos
NTCRS	<i>National Television and Computer Recycling Scheme</i>
ONG	Organização Não Governamental
OSCIP	Organização da Sociedade Civil de Interesse Público
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPB	Processo Produtivo Básico
PPC	Paridade do Poder de Compra
REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
REP	Responsabilidade Estendida do Produtor
RoHS	<i>Restriction of Certain Hazardous Substances</i>
RSM	Resíduos Sólidos Municipais
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SGSO	Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Operacional
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
WEEE	<i>Waste Electrical and Electronic Equipment</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	26
1.1	Contextualização	26
1.2	Motivação	28
1.3	Objetivo	28
1.4	Estrutura	29
2	REVISÃO DA LITERATURA	32
2.1	Economia Circular	32
2.2	Economia Circular na Indústria de Eletroeletrônicos	40
2.3	Economia Circular na Indústria de Eletroeletrônicos no Brasil	51
3	METODOLOGIA	60
3.1	Estratégia da pesquisa	60
3.2	Coleta e análise de dados	63
4	RESULTADOS	68
4.1	Organizações	68
4.1.1	Organizações Sem Fins Lucrativos	68
4.1.1.1	Organização 1	68
4.1.1.2	Organização 2	73
4.1.1.3	Organização 3	77
4.1.1.4	Organização 4	80
4.1.2	Empresas	83
4.1.2.1	Organização 5	83
4.1.2.2	Organização 6	85
4.1.3	Governo Estadual	89
4.1.3.1	Organização 7	89
4.1.4	Especialista	91
4.1.4.1	Entrevistado 8	91
4.2	Quadro comparativo de processos de gerenciamento de resíduos	92
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	96
5.1	Organizações sem fins lucrativos	96
5.2	Empresas	102
5.3	Governo Estadual	106
5.4	Especialista	110
6	CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES	120
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
	APÊNDICE A – ROTEIRO DAS ENTREVISTAS	133

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentado o trabalho de formatura (TF) que foi desenvolvido durante o ano de 2023 e 2024, destacando a contextualização do tema alvo de estudo, assim como sua relevância, a motivação do autor, os objetivos deste TF e a sua estrutura.

1.1 Contextualização

Os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, ou *e-waste*, representam um dos maiores desafios na gestão de resíduos sólidos globalmente, uma vez que a quantidade de resíduos gerados e o número de dispositivos fabricados desse tipo crescem cerca de 4% a cada ano (Green Eletron, 2021). O relatório *The Global E-Waste Monitor*, 2020, mostra que 53,6 milhões de toneladas (7,3 kg per capita por ano) de resíduos eletrônicos foram gerados em 2019, mas apenas 17,4% foram devidamente reciclados, enquanto 82,6% dos resíduos gerados possuíam destino desconhecido. (Forti et al., 2020). O mesmo relatório, atualizado para o ano de 2022, apresenta uma geração global de 62 milhões de toneladas (7,8 kg per capita por ano), com uma taxa formal de coleta e reciclagem de 13,8 milhões de toneladas de resíduos, o que equivale a 22,3% de resíduos documentados, coletados e reciclados de maneira ambientalmente correta. Nesse sentido, pode-se entender que desde o ano de 2010, o crescimento da geração de resíduos eletrônicos está ultrapassando a coleta formal e a reciclagem, por um fator próximo de 5 (Baldé, et al., 2024). Além disso, os resíduos eletroeletrônicos descartados no mundo cresceram cerca de 21% apenas nos últimos 5 anos, evidenciando o crescimento acelerado da geração de *e-waste* no mundo todo (Forti et al., 2020). Ademais, estima-se que o volume total da geração de resíduos chegue aos patamares de 82 milhões de toneladas até o ano de 2030 (Forti et al., 2020).

No Brasil, nota-se um aumento da geração média de REEE em todos os anos (Forti et al., 2020) com notável aumento nas vendas de produtos eletrônicos (ABDI, 2012). Utilizando aparelhos celulares como exemplo, segundo dados da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) o Brasil possuía 230 milhões de celulares cadastrados até o ano de 2019, passando para o número de 251,6 milhões de aparelhos

ativos no país em janeiro do ano de 2023 (ANATEL, 2023). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2022, o Brasil possuía cerca de 203,1 milhões de habitantes (IBGE, 2022), e dessa forma, pode-se notar que existem aproximadamente 1,2 aparelhos celulares para cada cidadão brasileiro, (FGV, 2023) o que pode ser explicado por alguns habitantes possuírem 2 aparelhos celulares, sendo um corporativo e um pessoal. Nesse sentido, pode-se perceber um aumento crescente no número de aparelhos eletrônicos registrados por pessoa no Brasil e devido a obsolescência dessa categoria de itens, um aumento no número de dispositivos descartados.

Os resíduos eletroeletrônicos possuem grande relevância no contexto atual em parâmetros ambientais e econômicos. Somente no ano de 2019, o valor agregado pelos materiais preciosos contidos nos equipamentos, como ouro, prata e platina foi de U\$ 57 bilhões, para uma quantidade estimada de 25 milhões de toneladas de resíduos. (Forti et al., 2020). Nesse sentido, estima-se que em 2022, o valor econômico dos metais contidos em resíduos eletrônicos foi de U\$ 91 bilhões (Baldé et al., 2024). Além disso, os REEE contêm substâncias ambientalmente perigosas, especialmente metais pesados, como mercúrio, cádmio ou chumbo. Assim, quando são descartados incorretamente, podem se tornar tóxicos, causando problemas de saúde a população e ao meio ambiente (Araujo et al., 2015; Kiddee et al., 2013).

No ano de 2022, o Brasil foi o maior gerador de resíduos eletrônicos em toda a América do Sul, e o segundo maior no continente americano. A nível global, o país ocupa o quinto lugar no ranking das nações que mais produzem resíduos eletrônicos, ficando atrás apenas da China, Estados Unidos, Índia e Japão. Dessa forma, foram gerados cerca de 2,4 milhões de toneladas de resíduos no país (Baldé et al., 2024) e foram reciclados formalmente cerca de 77 quilotoneladas, o que corresponde a 3% do total de REEE gerados no país. (Dias et al., 2022). Nesse sentido, evidencia-se que uma quantidade significativa de resíduos acaba sendo descartada de forma inadequada no meio ambiente, enquanto uma parte considerável é reciclada pelo mercado informal, que retira os componentes valiosos dos equipamentos, descartando o restante de forma incorreta, prejudicando o meio ambiente e a saúde da população, devido a inserção de substâncias tóxicas presentes nos produtos ao meio ambiente, impactando negativamente a sociedade (Santos, 2022).

1.2 Motivação

A disponibilidade de dados sobre REEE ainda é bastante limitada no Brasil, sendo restrita aos centros de pesquisa do país ou às grandes cidades do território. Porém, sabe-se que a geração de REEE cresce a cada ano em pequenos e grandes centros urbanos e até mesmo em localidades remotas. Sendo assim, o aluno entende que o estudo poderia incentivar a adoção de práticas mais sustentáveis e circulares para o Brasil, além de ajudar como material para futuros projetos e trabalhos com relação ao tema, contribuindo cada vez mais para o surgimento de novas pesquisas e o desenvolvimento de mais dados sobre os resíduos eletroeletrônicos.

Além disso, com o passar dos anos, mudanças mundiais com relação a importância da sustentabilidade e circularidade se tornaram cada vez mais relevantes. Nesse sentido, o curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica de São Paulo reinventou sua estrutura curricular para aderir disciplinas relacionadas a Sustentabilidade e Economia Circular, despertando interesse quanto ao tema. As aulas provocaram o estudante e o estimularam a desenvolver a meta de retribuir para a sociedade o que uma faculdade pública pôde oferecer, visto que a condição socioeconômica do aluno não possibilitaria o seu ingresso em cursos de engenharia em faculdades privadas no Brasil.

Além disso, o aluno sempre esteve inserido em contextos de tecnologias, através da utilização de aparelhos eletroeletrônicos para o cotidiano, lazer e estudos. Nesse sentido, sempre teve preocupação quanto a quantidade de resíduos gerados pela obsolescência desses itens. Assim, as disciplinas estudadas no contexto da faculdade, somadas ao desejo de contribuir para a sociedade e a importância do tema, provocaram o estudante a buscar entender como é efetuada a gestão dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil e como estudar formas de melhorar os índices de reciclagem desses componentes no país.

1.3 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo investigar a cadeia de gestão de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, comparando-a com outros países e buscando entender

quais motivos levam o Brasil a possuir uma pequena taxa de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. Nesse sentido, os objetivos deste trabalho podem ser divididos em:

1. Detalhar os processos de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil bem como sua estruturação no país.
2. Comparar os processos de gerenciamento de resíduos que ocorrem no Brasil com processos existentes em países com taxas de reciclagem superiores.

1.4 Estrutura

Este trabalho de formatura está estruturado em seis capítulos e seguiu o modelo de trabalho de conclusão de curso proposto por Miguel (2012). Os capítulos apresentados podem ser definidos como: introdução, revisão da literatura, metodologia, resultados, discussão dos resultados e conclusões e contribuições.

O primeiro capítulo apresenta uma introdução ao problema através de uma contextualização que desenvolve com detalhes o panorama atual do setor da indústria de eletroeletrônicos e seus desafios aparentes. Além disso, têm-se também a motivação para elaboração do trabalho e por fim quais são os objetivos pretendidos com o estudo.

O segundo capítulo elabora a pesquisa teórica que foi realizada sobre o tema, com a finalidade de entender os conceitos que permeiam a ideia central do trabalho. Sendo assim, a revisão teórica serve como a base para o desenvolvimento do estudo. A revisão tem o objetivo de apresentar o histórico, definições, conceitos associados, panorama atual e tendências no Brasil e no mundo quanto ao tema. A seção apresenta um estudo sobre a Economia Circular, seguido pelo estudo da EC aplicada a indústria de eletroeletrônicos no mundo e por fim, é apresentada uma visão detalhada sobre a EC aplicada ao Brasil, país objeto de estudo do trabalho.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia da pesquisa e a obtenção dos resultados do trabalho. A coleta de dados neste estudo foi efetuada por abordagens qualitativas, como entrevistas semiestruturadas com agentes importantes do setor da indústria de eletroeletrônicos e da gestão de resíduos sólidos no Brasil. A abordagem utilizada é denominada *snowball*, que consiste em os pesquisadores começarem o estudo com um contato inicial, que ao final da entrevista poderá recomendar outros

agentes para participar da pesquisa, gerando um processo contínuo de informações até que haja a saturação dos dados obtidos.

No quarto capítulo temos os resultados, onde são apresentadas as organizações e instituições entrevistadas além de evidenciar a descrição dos resultados obtidos com a pesquisa.

O quinto capítulo desenvolve a discussão, em que os resultados são analisados seguindo o propósito deste trabalho de formatura, que é de entender os motivos que levam o Brasil a reciclar poucos resíduos eletroeletrônicos se comparado a outros países. Assim, têm-se uma avaliação dos dados obtidos através das instituições entrevistadas de forma individual e cruzada em que as observações são comparadas para a identificação de diferenças e semelhanças. Além disso, são considerados conjuntamente dados de pesquisas secundárias, além de uma avaliação do panorama global, para analisar tanto o cenário nacional quanto o mundial em relação à gestão de resíduos.

O sexto capítulo apresenta as conclusões e contribuições, descrevendo os resultados obtidos através do trabalho. Além disso, são desenvolvidas as limitações do estudo e a possibilidade do desenvolvimento de pesquisas futuras relacionadas ao tema.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas na pesquisa que serviram como base para elaboração da revisão teórica e os apêndices finais com o questionário utilizado nas entrevistas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo apresenta a revisão bibliográfica dos tópicos centrais explorados na pesquisa, sendo eles: Economia Circular, gestão de resíduos eletroeletrônicos no mundo e no Brasil, quais abordagens quanto ao tratamento desses resíduos são utilizadas em diferentes países e quais obstáculos são observados nos diferentes cenários estudados.

2.1 Economia Circular

A Economia Circular (EC) é um modelo econômico que atua como um sistema regenerativo no qual a entrada e o desperdício de recursos, a emissão e o vazamento de energia são minimizados pela desaceleração, fechamento e estreitamento dos ciclos de material e energia (Geissdoerfer et al., 2017). Sendo assim, o fluxo de materiais dentro do modelo se torna fechado devido a reinserção de componentes à cadeia de valor e pela utilização de técnicas de reuso, redução e reciclagem de materiais no sistema produtivo, gerando interações benéficas entre a sociedade e o planeta, através da minimização de impactos ambientais gerados pelo modelo de produção tradicional e pelo alto padrão de consumo da sociedade atual (Prieto-Sandoval et al., 2018; Murray et al., 2017). Sendo assim, a Economia Circular propõe novas oportunidades de negócio, a preservação e aumento do capital natural e o trabalho corporativo, além de exercer um papel significativo para a sustentabilidade social, ambiental e econômica, uma vez que não somente direciona suas ações para a gestão de resíduos e de reciclagem, mas também busca maximizar a utilização dos produtos, componentes e materiais dentro da cadeia de valor (Monteiro, 2018).

Dessa maneira, pode-se perceber que a Economia Circular contrasta com o sistema de produção tradicional, denominado Economia Linear, que considera a natureza e as matérias primas como infinitas, tanto para a extração de recursos, como para o descarte de materiais, e consequente surgimento de poluição advinda do rejeito de itens que têm seu funcionamento interrompido ou que não satisfazem mais as necessidades do consumidor, gerando assim produtos altamente nocivos para os seres humanos e para os sistemas naturais do planeta (Urbinati et al., 2017; Su et al., 2013). Nesse sentido,

embora com o passar dos anos seja notória uma evolução em relação a eficiência da utilização dos recursos no sistema de produção tradicional, esse modelo ainda possui muitas fontes de desperdício ao longo de toda a cadeia de suprimentos, e assim, gera um alto número de resíduos tóxicos para o planeta. (Murray et al., 2017; Urbinati et al., 2017). O modelo de produção linear é pautado na extração de materiais, manufatura de produtos, uso pelo consumidor e descarte do item, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Modelo de Produção Linear



Fonte: Elaboração própria, adaptado de Fundação Ellen MacArthur, (2015).

O modelo linear de produção proporcionou durante os anos um alto crescimento econômico e aumento da riqueza em diversas partes do mundo, como nos países desenvolvidos que tinham a intenção de sempre aumentar sua produção, sem se importar com os sistemas naturais e impactando negativamente a vida de grande parte da sociedade. Além disso, o crescimento do consumo mundial também esteve inevitavelmente ligado ao desperdício, pois o modelo de produção linear proporciona uma redução na vida útil de produtos que ainda poderiam ser usados por um período maior (Circle Economy, 2022; Urbinati et al., 2017). Assim, pode-se perceber que a Economia Linear é sustentada por processos de produção que privilegiam o lucro antes do planeta e utilizam energia intensiva em suas operações, degradando o meio ambiente através da necessidade de consumir e extrair cada vez mais fontes de energia que se esgotam na natureza, ao passo que geram grandes impactos ambientais (Ibn-Mohammed et al., 2018).

Segundo a Circle Economy (2022), a extração e o uso de materiais estão aumentando consideravelmente, e somente nos últimos 50 anos, a utilização global de materiais quase quadruplicou – ultrapassando o crescimento populacional. Em 1972 o mundo consumiu cerca de 28,6 milhões de toneladas de materiais, passando para o

número de 54,9 milhões de toneladas em 2000 e em 2019, ultrapassou as 100 milhões de toneladas de materiais. O aumento desses números reflete os principais problemas ambientais que circulam o nosso planeta, como as queimadas, desmatamentos e assoreamentos de rios. Outros problemas encontrados são a poluição do solo, água e atmosfera, esgotamento de recursos naturais e a intensificação do aquecimento global (Fundação Ellen MacArthur, 2015).

Como alternativa ao modelo linear, surge o conceito da Economia Circular, que tem como objetivo fechar o ciclo de vida dos produtos, obter componentes mais valiosos para a população a partir de resíduos e buscar soluções para as necessidades globais, no que diz respeito à sociedade e ao meio ambiente. Nesse sentido, de forma a desenvolver produtos mais sustentáveis e minimizar a geração de resíduos dentro da cadeia de valor, encontra-se a necessidade de estudar mecanismos que promovam a iniciação e implementação do conceito, como estratégias e maneiras adequadas para efetuar uma transição para uma EC, além de explorar a possibilidade da criação de novos modelos de negócios ligados a eficiência da EC e a interação entre os novos sistemas criados e as políticas ambientais, que são os mecanismos que possibilitam com que incentivos governamentais para uma transição para a Economia Circular sejam estabelecidos de maneira eficiente (Castro et al., 2022).

Outro ponto importante no que diz respeito aos mecanismos de iniciação da EC é a concepção de inovações, que tem como objetivo reduzir os impactos ambientais por meio de uma maior eficiência energética e da elaboração de design de produtos que promovam sua reutilização. Segundo Wallenborn, (2018) as medidas que promovem eficiência energética podem atenuar as emissões de gases de efeito estufa e aumentar a segurança e produtividade energética. Além disso, a eficiência energética é considerada como o “recurso” menos contestado para mitigar o aquecimento global, uma vez que a utilização de energias mais sustentáveis, como as energias renováveis e os biocombustíveis, apresentam menos danos à natureza do que as energias convencionais. Porém, a criação de novas tecnologias pode fazer com que grandes quantidades de produtos se tornem rapidamente obsoletas como resultado de inovação disruptiva, e assim, o gerenciamento adequado de resíduos para os produtos substitutos pode ser feito de maneira ineficiente ou serem negligenciados (Dzombak et al., 2019). Logo, a EC pode ser entendida como a manifestação de uma mudança de paradigma,

e exigirá transformações na forma como a sociedade legisla, produz e consome inovações, ao mesmo tempo em que usa a natureza como expoente para responder às necessidades sociais, ambientais e econômicas (Prieto-Sandoval et al. 2018; Ghisellini et al., 2016). Desse modo, é possível assumir que a EC não possui somente o objetivo de efetuar a recirculação de materiais, mas expande seu domínio com foco em inovação, comportamento humano e consumo (Castro et al., 2022), o que evidencia a importância de aspectos sociais e culturais na elaboração de debates sobre o tema (Hobson e Lynch, 2016).

Existem diversas definições dentro da literatura para o que seria uma Economia Circular. Porém, de maneira geral, a abordagem busca combater os desafios ambientais promovendo o desenvolvimento econômico, baseando-se na produção e no consumo sustentável e alcançando assim a proteção ambiental e de recursos dentro da cadeia de valor (Korhonen et al., 2018). Segundo a Fundação Ellen MacArthur (2013), uma Economia Circular “é um sistema industrial que é restaurador ou regenerativo por intenção e design” que busca manter os produtos, componentes e materiais em sua maior utilidade e valor em todos os momentos. Sendo assim, o modelo busca reduzir os impactos causados pela atividade humana, substituindo o conceito de “fim de vida” dos produtos pela restauração de componentes, erradicando desperdícios, utilizando energias renováveis, eliminando e reduzindo o uso de produtos químicos tóxicos e minimizando o uso do meio ambiente na extração de recursos naturais para produção (Homrich et al., 2018).

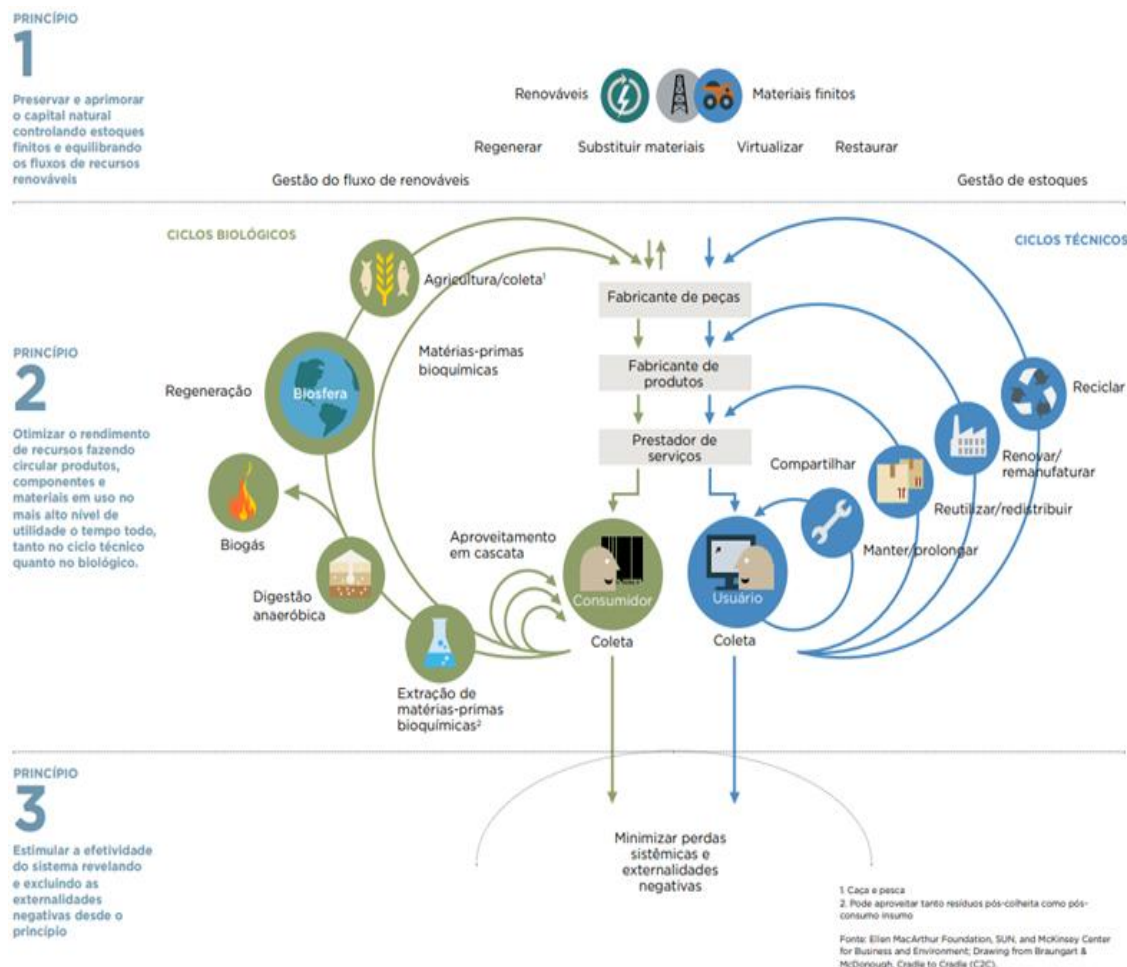
Dessa forma, pode-se entender que a Economia Circular não atua exclusivamente como uma abordagem preventiva, reduzindo a poluição, mas também busca reparar danos anteriores redesenhando sistemas de manufatura e de serviços concentrando-se na restauração positiva do meio ambiente dentro da indústria (Murray et al., 2017). Nesse sentido, o redesenho de produtos, serviços e processos resulta em reduções de resíduos e de gastos energéticos, visto que toda a cadeia de valor é repensada devido a aplicação de uma visão sistêmica que contrapõe a visão presente na Economia Linear de individualidade. Com isso, a Economia Circular diferencia-se de tentativas anteriores e parciais, no que diz respeito à recolha seletiva de resíduos, tentativas individuais de reciclagem e aumento de eficiência energética pela abrangência de seu escopo e pela sua abordagem holística, no que tangencia todas as atividades realizadas

em uma sociedade (Bonciu, 2014). Além disso, a EC é concebida como um ciclo contínuo de desenvolvimento positivo que preserva e aprimora o capital natural, otimizando a produtividade dos recursos e minimizando a utilização de recursos finitos, tendo em mente que os produtos são projetados e pensados de forma a serem reinseridos na cadeia produtiva após o uso pelos consumidores, possibilitando com que produtos e componentes não percam valor com o passar do tempo e que ocorra o mínimo de perda de materiais dentro de sua cadeia produtiva (Fundação Ellen MacArthur, 2015). Dessa forma, é possível assumir que o conceito de Economia Circular deve ser entendido como um elemento chave no que diz respeito a tentativa de desconectar o crescimento econômico global ao consumo inadequado de recursos naturais finitos (Bressanelli et al., 2019; Lieder e Rashid, 2016).

A Economia Circular foi constituída utilizando 3 princípios básicos que podem ser identificados através da Figura 2: preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos, utilizando mecanismos virtuais sempre que possível e equilibrando a utilização de recursos renováveis; utilizar os recursos com a maior eficiência possível de maneira circular, mantendo os produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade em todo o tempo dentro da cadeia de valor e utilizando técnicas de remanufatura, renovação e reciclagem e explorar a efetividade do sistema anulando externalidades negativas em áreas essenciais para a população, como educação e saúde (Fundação Ellen MacArthur, 2015).

Assim, pode-se entender que o modelo conceitual exibido na Figura 2 possui ciclos reversos classificados em biológicos e técnicos, em que o primeiro é considerado regenerativo por utilizar estratégias que buscam reaproveitar resíduos do processo produtivo, retornando ao meio ambiente por meio da digestão anaeróbica e compostagem, com o objetivo de regenerar os sistemas biológicos através da utilização de recursos renováveis. Já os ciclos técnicos são restaurativos, pois utilizam medidas de recuperação e reparo de materiais, buscando manter e prolongar a vida útil dos produtos dentro do ciclo econômico através de técnicas de reciclagem e remanufatura (Fundação Ellen MacArthur, 2015).

Figura 2 – Diagrama do sistema de Economia Circular



Fonte: Fundação Ellen MacArthur, (2015).

De maneira geral, pode-se alcançar os princípios ilustrados na Figura 2 através do Diagrama de Borboleta elaborado pela Fundação Ellen MacArthur utilizando diferentes estratégias. Nesse sentido, Kalmykova, Sandagopan e Rosado (2018) construíram uma base para Economia Circular utilizando cerca de 45 definições diferentes para alcançar a circularidade, analisando mais de 100 casos de implementação dessas estratégias. Têm-se a exibição dessas estratégias através da Tabela 1 que busca organizar as ideias com base na fase do ciclo em que são implementadas.

Tabela 1 - Estratégias de Economia Circular

Fase do ciclo	Estratégias
Fornecimento de materiais	Diversidade e ligações intersetoriais, Produção de energia/Autonomia energética, Aquisições verdes, Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), Substituição de materiais, Tributação, Créditos fiscais e subsídios.
Projeto	Personalização/feito sob encomenda, Projeto para desmontagem/reciclagem, Design para modularidade, Ecodesign, Redução.
Fabricação	Eficiência energética, Produtividade de materiais, Fabricação reprodutível e adaptável
Distribuição	Design de embalagem otimizado, Redistribuir e Revender.
Consumo e uso	Envolvimento da comunidade, Rotulagem ecológica, Produto como serviço ou Sistema de Serviço de Produto, Rotulagem do produto, Reuso, Compartilhamento, Consumo socialmente responsável, <i>Stewardship</i> , Virtualização
Coleta e descarte	Responsabilidade Estendida do Produtor (REP), Reciclagem incentivada, Logística, Separação, Sistemas de devolução e troca
Reciclagem e recuperação	Uso de subprodutos, Cascata, <i>Downcycling</i> , Recuperação de elemento/substância, Recuperação de energia, Extração de bioquímicos, Reciclagem funcional, Reciclagem de qualidade, Simbiose industrial, Restauração, Reutilização.
Remanufatura	Reforma/Remanufatura, Atualização, Manutenção e Reparo
Entrada circular	Materiais de base biológica

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Kalmykova, Sandagopan e Rosado, (2018).

Com base nas possíveis estratégias utilizadas em um contexto circular, se mostra relevante entender como o valor é gerado neste modelo, pois dessa forma, se torna possível escolher o método que estará mais alinhado com os objetivos da organização,

gerando um maior potencial econômico. Existem 4 fontes de criação de valor dentro de uma Economia Circular, sendo a primeira delas o poder dos círculos menores, que introduz a ideia de que quanto menor for o ciclo da cadeia de valor, maior será o valor gerado pela estratégia. Dessa forma, reparar e manter um produto preserva mais valor do que apenas reciclar materiais, visto que com isso, pode-se conservar a integridade e complexidade do produto, além da mão de obra e energia investida na produção. Em seguida, têm-se a maximização do número de ciclos que um mesmo produto percorre, que busca aumentar a vida útil dos materiais, componentes e produtos envolvidos na cadeia. Dessa maneira, prolongar o ciclo evitará o consumo de material, energia e mão de obra na estruturação de um novo produto. Outro ponto importante é o uso em cascata, que está atrelado a diversificação do reuso dentro de toda a cadeia de valor. Logo, se torna vantajoso reutilizar produtos e resíduos na confecção de novos itens, pois pode-se substituir a entrada de materiais virgens na economia, preservando a biosfera e os recursos naturais. Por fim, têm-se o poder dos insumos puros, que aumentam a geração de valor através do fluxo de materiais não contaminados, facilitando a coleta e a distribuição destes quando descartados (Fundação Ellen MacArthur, 2015).

Com relação ao cenário mundial, a Economia Circular passou a ser bastante discutida principalmente por países como a China, que desenvolveu a Lei de Promoção a Economia Circular como uma resposta para problemas de gestão de resíduos, e em países como Japão, Reino Unido, Holanda, Suécia, Finlândia, França e Canadá, que estruturaram estratégias governamentais para a implementação da EC. Isso se deve, pois, a EC configura um modelo de negócios capaz de levar a sociedade a um desenvolvimento sustentável, que proporciona um cenário benéfico para aspectos econômicos, ambientais e sociais (Ghisellini et al, 2016; Korhonen et al, 2016). Dessa forma, com a implementação da EC, é esperado que em aspectos econômicos, ocorra o crescimento do PIB devido ao aumento das receitas advindas das novas atividades da Economia Circular e da redução dos custos de produção, visto que seria possível atingir uma utilização mais produtiva dos insumos. Com relação ao meio ambiente, espera-se uma redução de 48% nos níveis de emissões de dióxido de carbono até o ano de 2030. Além disso, têm-se a redução do consumo de materiais primários, devido a reutilização de materiais e componentes dentro da cadeia de valor. Já com relação a

aspectos sociais, é esperado um uso intensivo de mão de obra em atividades de reciclagem, remanufatura e em logística reversa. Ademais, espera-se um alto potencial de criação de empregos, em virtude de um aumento nos gastos familiares, estimulado pelos preços mais baixos em todos os setores e aumento da renda familiar média (Fundação Ellen MacArthur, 2015).

2.2 Economia Circular na Indústria de Eletroeletrônicos

A indústria de eletroeletrônicos é uma das mais importantes do mundo, responsável por uma grande quantidade de resíduos gerados por seus produtos. (Forti, 2020). Dessa forma, a implementação da Economia Circular na cadeia de suprimentos de eletroeletrônicos se mostra fundamental para reduzir os impactos ambientais e aumentar a eficiência no uso de recursos por ser um modelo econômico regenerativo e restaurador, mantendo produtos e materiais em maior tempo na cadeia de valor, reduzindo ao mínimo possível a geração de resíduos e de emissões danosas ao meio ambiente (Fundação Ellen MacArthur, 2013).

O desenvolvimento da indústria de eletroeletrônicos e os avanços tecnológicos, abriram caminho para uma maior automatização nas linhas de produção, refletindo um aumento significativo no uso de equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE). Além disso, os produtos eletroeletrônicos se tornaram comuns no dia a dia dos consumidores, utilizando, por exemplo, celulares ou computadores em suas rotinas (Sharma et al. 2020; Kumar et al., 2017). Nesse sentido, o rápido desenvolvimento de tecnologias, possibilitou um avanço progressivo em processamentos avançados, mais rápidos e confiáveis, levando a uma diminuição do ciclo de vida dos produtos, fazendo os consumidores adquirirem produtos mais novos e atuais em termos de tecnologia, descartando os produtos antigos (Kumar et al., 2017).

O modelo econômico linear, somado ao intenso e rápido avanço da tecnologia e as necessidades crescentes dos consumidores, resultaram no aumento do consumo de recursos naturais para produção de bens, que por sua vez, levaram ao crescimento igualmente rápido de resíduos eletrônicos em todo o mundo (Mmereki et al., 2016). Os resíduos eletrônicos consistem basicamente em equipamentos, subconjuntos e componentes eletroeletrônicos que foram descartados por seus proprietários. (Dias et

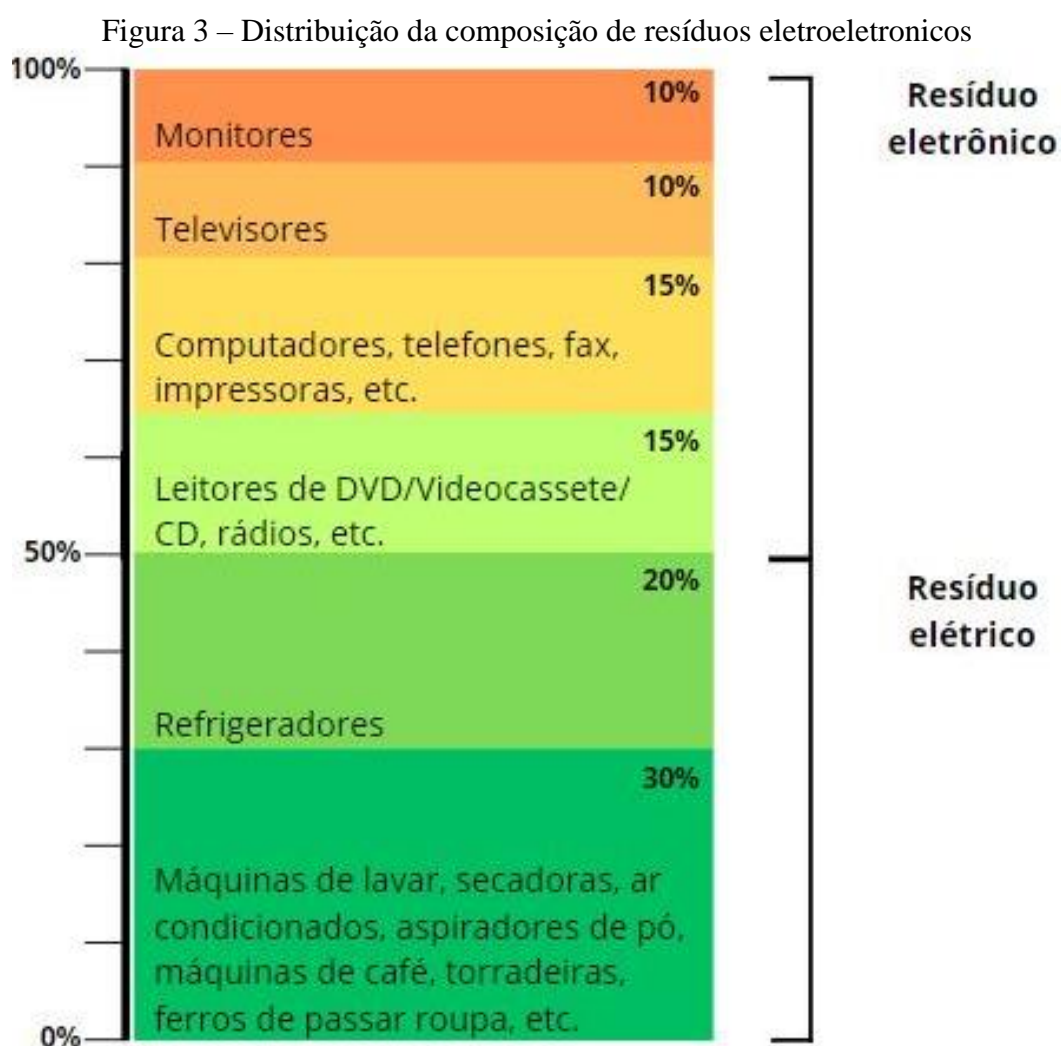
al., 2019). Outra definição encontrada para os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) seria de qualquer “equipamento em fim de vida ou em fim de uso que depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos para funcionar corretamente” (UNEP, 2007a, UNEP, 2007b). Sendo assim, dentro dessas definições temos os eletrodomésticos de pequeno e grande porte, equipamentos de iluminação, equipamentos de tecnologia da informação e telecomunicações, ferramentas elétricas, entre outros. Além disso, componentes de equipamentos elétricos e eletrônicos como baterias, placas e circuitos, também podem ser considerados como REEE (Grant et al., 2013). Segundo Forti et al., (2020) todas as categorias de produtos de EEE podem ser agrupadas em seis tipos de equipamentos que correspondem estreitamente às suas características de gestão de resíduos, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Categorias de EEE com descrições

Categorias	Descrição
Categoria 1: Equipamento de troca de temperatura	Equipamentos de refrigeração, como geladeiras, freezers, ar-condicionado e bombas de calor.
Categoria 2: Telas e monitores	Televisores, monitores, notebooks e tablets.
Categoria 3: Lâmpadas	Lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de descarga de alta intensidade e lâmpadas LED.
Categoria 4: Equipamentos de grande porte	Máquinas de lavar, secadoras de roupas, máquinas de lavar louça, fogões elétricos, grandes máquinas de impressão, copiadoras e painéis fotovoltaicos.
Categoria 5: Equipamentos pequenos	Aspiradores de pó, micro-ondas, ventiladores, torradeiras, chaleiras elétricas, barbeadores elétricos, brinquedos elétricos e eletrônicos, pequenos dispositivos médicos.
Categoria 6: Equipamentos pequenos de TI e Telecomunicações	Telefones celulares, dispositivos de Sistema de Posicionamento Global (GPS), calculadoras de bolso, roteadores, computadores pessoais e impressoras.

Fonte: Forti et al. (2020). Traduzido pelo autor.

Nesse sentido, Kaya (2016) apresenta através da Figura 3 uma distribuição da composição de resíduos eletrônicos mais descartados no mundo, em que metade dos descartes são direcionados a produtos eletrônicos e a outra metade para produtos eletrodomésticos. Através da distribuição, pode-se entender que os resíduos gerados estão bem divididos entre as diferentes categorias apresentadas na Tabela 2, porém, a maior parcela dos itens rejeitados, sendo responsável por 30% das rejeições estão ligados a máquinas de lavar, ar-condicionado e ferros de passar roupa.



Fonte: Kaya, (2016). Traduzido pelo autor.

Além disso, a Figura 4 apresenta as quatro fontes principais de resíduos, especificando quais seriam os principais itens descartados em cada um dos respectivos setores informados. Por fim, analisando os itens do quadro, é perceptível que os EEE

podem tornar-se *e-waste* rapidamente devido ao avanço da tecnologia, desenvolvimento da sociedade, mudança no estilo de vida, moda e status, além da sociedade possuir maiores exigências sobre os EEE, levando-os a uma redução de suas vidas úteis (Kaya, 2016). Assim, torna-se mais frequente a substituição de equipamentos eletrônicos, o que resulta na necessidade de eliminação de grandes quantidades de resíduos.

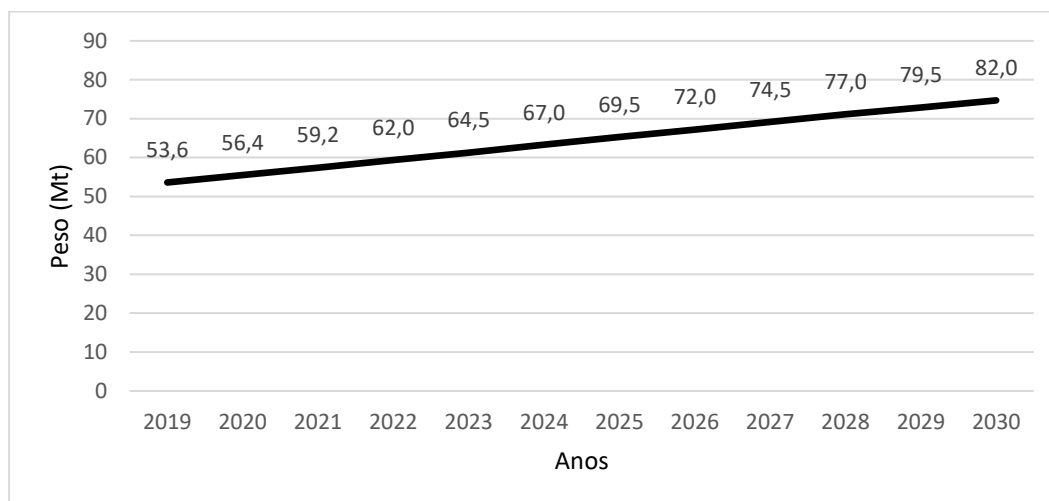
Figura 4 – Principais fontes de *e-waste*

Casa	Hospitais	Governo	Setor Privado
<ul style="list-style-type: none"> • PC • TV • Rádio • Celular • Máquina de Lavar • Micro-ondas • Reprodutor de CD • Ventilador • Ferro de passar roupa, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • PC • Monitores • Dispositivos de ECG • Microscópio • Incubadora • Máquina de raio X, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • PC • CPU • Impressora • Fax • Copiadora • Scanner • Ventilador • Tubo de luz, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • PC • Caldeira • Misturador • Condicionador de sinal • Incubadora, etc.

Fonte: Kaya, (2016). Traduzido pelo autor.

Segundo Cucchiella et al. (2015), os REEE são atualmente considerados um dos fluxos de resíduos que mais crescem no mundo, onde globalmente, cerca de 30 a 50 milhões de toneladas de REEE são eliminadas todos os anos, com uma taxa de crescimento anual estimada de 3 a 5%, sendo cerca de três vezes mais rápida do que outros fluxos de resíduos (Sing et al., 2016). Os REEE levantam preocupações relativas à sua eliminação e reciclagem em todo o mundo, sendo considerado um desafio emergente por investigadores académicos, profissionais e decisores políticos (Sharma, 2020). De acordo com Baldé et al., 2024, cerca de 62 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos foram gerados mundialmente, com uma média global de 78 kg por pessoa em 2022, aumentando consideravelmente em relação aos 41,8 Mt gerados no ano de 2014 e dos 53,6 Mt do ano de 2019 (Forti et al., 2020; Baldé et al. 2014). Além disso, estima-se que a taxa de geração de resíduos aumente significativamente durante os próximos anos, conforme o Gráfico 1, com um volume total de geração previsto de 82 milhões de toneladas até o ano de 2030 (Forti et al., 2020).

Gráfico 1 - Expectativa de geração de REEE entre 2019 e 2030.



Fonte: Elaboração própria, adaptado de Baldé et al., (2024); Forti et al. (2020).

Nota: Os números de 2020, 2021 e após 2022 são projeções e não consideram as consequências econômicas relacionadas às crises do Covid-19.

Nesse contexto, Baldé et al., (2024) apresenta que em 2022, a maior parte de resíduos eletrônicos foi gerada no continente Asiático com 30,2 milhões de toneladas, seguido das Américas com 14,4 milhões de toneladas de resíduos. Além disso, o continente que mais gerou resíduos *per capita*, foi o Europeu, com cerca de 17,6 kg de *e-waste*. A Europa também foi a região com a maior taxa formal de recolha e reciclagem documentada de *e-waste* (42,8%). Os padrões globais de geração de resíduos eletrônicos no ano de 2022 podem ser encontrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Padrões globais de geração de resíduos eletroeletrônicos

Região	EEE no mercado		<i>E-waste</i> gerado		<i>E-waste</i> coletado formalmente (Mt)	Taxa de coleta de <i>e-waste</i> (%)
	(Mt)	(kg/pessoa)	(Mt)	(kg/pessoa)		
África	5,5	3,9	3,6	2,5	0,25	0,7
Asia	56	12,2	30,2	6,4	3,6	11,9
Europa	14	18,9	13,1	17,6	5,6	42,8
Américas	19	18,6	14,4	14,1	4,3	30
Oceania	0,8	19,5	0,7	16,1	0,03	41,4
Global	96	-	62	7,8	13,8	22,3

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Baldé et al. (2024).

Além da obsolescência de produtos relacionada ao crescimento do consumo e consequente descarte de equipamentos, é importante analisar também as práticas de gestão desses resíduos, pois uma má gestão pode expor a população a substâncias potencialmente perigosas (Grant et al., 2013). Os resíduos eletrônicos são química e fisicamente distintos de resíduos municipais ou industriais. Suas composições químicas variam dependendo da idade e do tipo dos itens descartados, que em sua maioria são compostos por metais pesados que são tóxicos para quase todas as bactérias, afetando o metabolismo, morfologia e crescimento, além de inibir funções celulares essenciais como a síntese de proteínas. (Jiang et al. 2019). Assim, um descarte inadequado de resíduos se torna um risco ambiental perigoso, pois eleva os níveis de contaminação ambiental, alimentar e da água, representando um risco à saúde dos residentes mais próximos às áreas de reciclagem dos *e-waste*. (Grant et al., 2013).

Embora existam mais de 1.000 substâncias tóxicas associadas aos resíduos eletrônicos (Puckett e Smith, 2002), as substâncias tóxicas mais comumente relatadas incluem ferro, chumbo, cobre, mercúrio e poluentes orgânicos persistentes (POP), como retardadores de chama bromados (BFR), bifenilos policlorados (PCB) e cloreto de polivinila (PVC) (Grant et al., 2013; Kiddee et al, 2013). As exposições às substâncias nocivas podem ocorrer de diferentes maneiras, como por inalação, ingestão e contato dérmico. Além de exposição ocupacional, contato com solos contaminados, poeira, água, ar e até mesmo fontes alimentares. (Grant et al., 2013). Alguns dos efeitos colaterais atrelados à exposição às substâncias tóxicas dos REEE, são danos ao sistema nervoso, rins, sistema reprodutor, fetos, problemas respiratórios e câncer (Kiddee et al. 2013)

Com relação a aspectos econômicos e empresariais, um gerenciamento adequado da reciclagem de resíduos pode ser extremamente lucrativo, uma vez que contém metais preciosos que podem ser recuperados e reutilizados através da utilização de técnicas adequadas (Dias et al, 2018). Segundo Yang et al., (2021) o valor potencial dos 44,7 milhões de toneladas métricas de resíduos eletrônicos gerados em 2016 era de 55 bilhões de euros. Já no ano de 2019, o valor das matérias primas selecionadas contidas nos resíduos eletrônicos foi de aproximadamente 57 bilhões de dólares, correspondendo a um total de 25 milhões de toneladas de metais, em que o

ferro, alumínio e cobre representam a maior parte do peso total dos itens brutos que foram encontrados nos resíduos daquele ano. (Forti et al., 2020).

Contudo, apesar da grande quantidade de resíduos eletrônicos gerados, e pelo valor potencial desses resíduos ser atrativo em termos econômicos, sua taxa de recuperação no ano de 2016 foi baixa: apenas 20% dos resíduos eletrônicos foram reciclados corretamente (Baldé et al., 2017). O restante dos resíduos foi descartado em aterros ou incineração, exportado para países em desenvolvimento para reciclagem informal, liberando grandes quantidades de substâncias tóxicas, prejudicando o meio ambiente e a saúde daqueles que vivem no entorno da atividade informal (Yang et al., 2021; Li et al., 2015). Nesse sentido, a reciclagem adequada pode reduzir a extração de matérias primas e eliminar a necessidade da produção de materiais virgens (Baxter et al., 2016). Seu objetivo é de recuperar eficientemente metais valiosos, descartar substâncias tóxicas e perigosas com segurança para não colocar a saúde humana em risco, mas também gerar negócios sustentáveis (Schluep et al, 2009).

Segundo Forti et al., (2020) existem quatro principais maneiras de gerenciar os resíduos eletrônicos. A primeira é a de gerenciar resíduos coletados formalmente, que geralmente se enquadra nos requisitos da legislação nacional sobre *e-waste*. Assim, os resíduos são coletados por organizações e os produtos pelo governo e/ou varejistas, pontos de coleta municipais e/ou serviços de coleta. Ao fim da coleta, os resíduos são direcionados a instalações de tratamento especializadas, que recuperam os materiais valiosos de forma ambientalmente controlada, gerenciando as substâncias tóxicas de maneira eficaz. Por fim, os resíduos finais do processo são incinerados ou direcionados a aterros controlados.

O segundo cenário é o de depositar os resíduos eletrônicos em lixeiras. O detentor deposita diretamente o material em contentores de lixo normais, junto de outros tipos de lixo domésticos. Como consequência, os rejeitos eletrônicos e domésticos são tratados como um lixo misto comum das residências. Os resíduos são então incinerados ou depositados em aterros sem que haja o tratamento devido a cada um dos substratos. Nesse cenário, existe uma grande possibilidade de geração de impactos negativos ao meio ambiente através da liberação de substâncias tóxicas e à perda de recursos.

O terceiro cenário é de gerenciar resíduos recolhidos fora dos sistemas formais em países com uma infraestrutura desenvolvida de gestão de resíduos. Nos países que possuem leis de gestão de resíduos, os rejeitos eletrônicos são recolhidos por comerciantes de resíduos individuais ou empresas e são comercializados através de canais de comunicação. O destino dos resíduos inclui a reciclagem de metais e plásticos, porém, com relação às substâncias perigosas dificilmente ocorre a despoluição das mesmas. Nesse modelo de gerenciamento, os resíduos muitas vezes não são tratados em instalações de reciclagem especializadas para a gestão do lixo, podendo efetuar a sua exportação para outros países.

O quarto cenário é de gerenciar resíduos coletados fora de sistemas formais em países sem infraestrutura desenvolvida de gestão de rejeitos eletrônicos. Isso acontece pois existem muitos trabalhadores independentes informais envolvidos na recolha e reciclagem de *e-waste* na maioria dos países em desenvolvimento. A coleta acontece de porta em porta, por meio da compra ou da coleta de EEE usados ou por resíduos eletrônicos de instituições públicas, empresas ou residenciais. Assim, os trabalhadores informais poderão vender os rejeitos para serem consertados, reformados ou desmontados. Os recicladores lixiviam, queimam ou derretem os detritos para convertê-los em matéria-prima secundária. Os desmontadores dividem o equipamento manualmente em componentes e materiais que ainda podem ser utilizados ou comercializados. Nesse sentido, essa atividade denominada popularmente como de “reciclagem de quintal” causa graves danos ao meio ambiente e a saúde humana pela possibilidade de liberação de substâncias tóxicas. Nesse sentido, a Tabela 4 apresenta os processos de gerenciamento de REEE em diferentes países de maneira mais detalhada, além de apresentar as quantidades de resíduos documentados, coletados e reciclados em cada região.

Tabela 4 - Gerenciamento de resíduos eletrônicos em diferentes países

País	Gerenciamento de REEE	Reciclagem (kt)	Referências
Estados Unidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aterro e incineração. 2. Recolha, transporte, triagem e desmontagem. 3. Reciclagem geral. 4. Separação de materiais (Química/Mecânica). 5. Responsabilidade Estendida do Produtor (REP). 	1.020 (2017)	Lee et al. (2018)
China	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prevenção e redução de resíduos. 2. Reciclagem formal: Desmontagem mecânica. 3. Reciclagem informal utilizando técnicas caseiras 4. Remodelação e reparação de EEE. 5. Fração reciclável vendida para recicladores. 6. Reutilização de produtos. 7. Recuperação de energia através da incineração. 	1.546 (2018)	Ghosh et al. (2016)
Brasil	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reciclagem formal com baixa eficiência, como desmontagem e trituração. 2. Separação mecânica e física. 3. Reciclagem e refino específicos. 	77 (2022)	Dias et al. (2022)
Reino Unido	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reutilização de produtos 2. Recuperação de metais. 3. Desmontagem, Segregação, Trituração 4) Avaliação do ciclo de vida (ACV). 	871 (2017)	Ongondo et al. (2011)
Coreia do Sul	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reutilização (12%). 2. Reciclagem (69%). 3. Aterro sanitário ou incineração (19%). 	292 (2017)	Kahhat et al. (2008)

União Europeia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Redesenho de produtos de EEE 2. Coleta especializada de resíduos eletrônico. 3. Recuperação de metais preciosos. 4. Tratamento de metais contidos em REEE 5. Descarte aberto 	5.100 (2019)	Ghosh et al. (2016)
Suíça	<ol style="list-style-type: none"> 1. Devolução de eletrodomésticos trocando por diferentes produtos utilizáveis. 2. Descarte em aterro aberto. 	123 (2017)	Ongondo et al. (2011)
Japão	<ol style="list-style-type: none"> 1. Descarte aberto. 2. Coleta e transporte. 3. Reduzir, reutilizar e reciclar. 	570 (2017)	Kahhat et al. (2008)
Rússia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de descarte, coleta, transporte, segregação e processamento. 2. Recuperação de metais preciosos, não ferrosos e ferrosos (80%). 	90 (2014)	Ghosh et al. (2016)
África do Sul	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incineração e despejo a céu aberto. 2. Desmontagem e classificação bruta. 	18 (2015)	Ghosh et al. (2016)
Austrália	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proposta de esquema nacional de reciclagem (2011) 2. Retoma voluntária. 3. Geração, coleta e reciclagem obrigatórias 4. Recuperação formal e informal. 5. Manuseio, regulamentação e prevenção de REEE. 	58 (2017)	Ongondo et al. (2011)
Índia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reciclagem informal utilizando técnicas brutas 2. Remodelação e reparação EEE usados. 3. A fração reciclável enviada aos recicladores 4. Segregação, Desmontagem e Eliminação. 	30 (2016)	Ghosh et al. (2016)

Fonte: Islam et al. (2020); Forti et al. (2020). Traduzido e adaptado pelo autor.

Existem diferentes leis, regras e legislações sobre a coleta, reciclagem e transporte dos resíduos eletrônicos no mundo. Além disso, cada país possui um sistema de gerenciamento de resíduos buscando atingir uma boa administração dos rejeitos. A União Europeia, por exemplo, desenvolveu o *The European WEEE Directive* em 2002 para gerenciar o fim da vida útil dos eletrônicos, melhorando a coleta e a eficiência da cadeia de reciclagem na região. Pode-se citar também a *Restriction of Hazardous Substances (RoHS Directive)*, que restringe o uso de certas substâncias tóxicas na produção de EEE. (Kumar et al, 2017). Já os Estados Unidos da América não possuem legislação nacional sobre a gestão de REEE, mas as leis estaduais variam em seu escopo e impacto ambiental. A abordagem mais comum para gerir REEE nos EUA é a dos serviços municipais de gestão de resíduos (Ongondo et al., 2011). Porém, alguns estados implementaram leis usando uma abordagem de Responsabilidade Estendida do Produtor (REP), obrigando os fabricantes de EEE a assumirem a responsabilidade pelo impacto ambiental do produto ao longo de sua vida útil (Rautela et al., 2021). Nesse sentido, um exemplo de política de gestão de resíduos eletrônicos é a taxa antecipada de reciclagem (ARF), que impõe impostos sobre a venda de rejeitos eletrônicos para cobrir os custos de reciclagem (Islam et al., 2020).

O Japão desenvolveu o *Home Appliance Recycling Law (HARL)* e *Small Appliance Recycling Law*, que buscam aumentar a taxa de reciclagem no país obrigando produtores (fabricantes e importadores) a recuperarem os seus produtos descartados, desmontá-los e recuperar os componentes e materiais que podem ser reutilizados ou reciclados (Kumar et al, 2017; Ongondo et al, 2011). Na Índia, existem leis para gerir o *e-waste* desde 2011, determinando que somente os recicladores e desmanteladores autorizados possam recolher o REEE (Forti, 2020). Porém, a infraestrutura deficiente para a gestão do *e-waste* e a falta de informação adequada sobre a quantidade de resíduos que são reciclados, despejados em aterros e eliminados, possibilitam danos ao meio ambiente e aos habitantes próximos às regiões de reciclagem (Kumar e Dixit, 2018). A Austrália aprovou as leis *National Waste Policy* (2009) e a *NTCRS - National Television and Computer Recycling Scheme* (2011) para melhorar os índices de reciclagem no país definindo uma visão de 10 anos para a recuperação de recursos e gestão de resíduos, incluindo um esquema de reciclagem de televisores e computadores (Kumar, et al., 2017; Ongondo et al 2011).

A China possui uma grande variedade de leis, regulamentos, padrões e normas ambientais relacionadas a produção de EEE e a reciclagem de REEE, como a Lei sobre Promoção da Produção Mais limpa, Lei sobre a Promoção da Economia Circular e a Lei sobre Prevenção da Poluição Ambiental por Resíduos Sólidos que exigem que a prevenção da poluição deve ser adotada durante todo o ciclo de vida da gestão dos resíduos para que os impactos ambientais negativos sejam minimizados (Song et al., 2019). Com relação a coleta de *e-waste*, têm-se a maior parte das coletas sendo feitas por coletores que andam de triciclos elétricos pelas ruas, que transportam os materiais de locais dispersos para usinas de reciclagem licenciadas. Além disso, um padrão de coleta de resíduos baseado em sites da internet tem surgido e vem ganhando espaço gradativamente. Nesse novo modelo de coleta, tanto os recicladores, produtores e também empresas de internet estão envolvidos. Por fim, existem também as fábricas formais de reciclagem no país, que contam com recicladores que empregam melhores tecnologias de reciclagem ao processo, incluindo tratamento mecânico e recuperação profunda (Song et al, 2019).

2.3 Economia Circular na Indústria de Eletroeletrônicos no Brasil

A gestão adequada dos REEE é um grande desafio no Brasil e os números relacionados a geração de *e-waste* no país vêm crescendo consideravelmente com o passar dos anos. Segundo Araújo et al., (2012) a estimativa de geração de resíduos eletrônicos no Brasil em 2008 era de 3,8 kg per capita. Já no ano de 2014, a estimativa era de 7 kg per capita (StEP, 2015) com um total de 1,4 milhões de toneladas, que foi calculada utilizando uma correlação com a Paridade do Poder de Compra da população (PPC) (Souza, 2020). Um estudo desenvolvido pelo Governo Federal disponível no relatório “Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos” desenvolvido no ano de 2012 pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), apresenta que o Brasil possuía entre os anos de 2011 e 2016 uma faixa de 4,8 a 7,2 kg/habitante de REEE (ABDI, 2013). Segundo dados mais recentes, em 2019, o Brasil se situava como o segundo maior produtor de *e-waste* das Américas, gerando cerca de 2,14 milhões de toneladas por ano e 10,2 kg per capita de resíduos. (Forti et al., 2020). Já em 2022, o Brasil continuou como segundo maior produto de resíduos eletroeletrônicos das

Américas, gerando cerca de 2,4 milhões de toneladas, com cerca de 11,4 kg per capita de resíduos. Vale destacar que do total de *e-waste* gerado nos anos mais recentes, menos de 3% do volume foi reciclado corretamente (Green Eletron, 2021). Nesse quesito, o país fica atrás somente dos EUA que conta com 6,9 milhões de toneladas por ano e 21 kg/habitante de resíduos gerados em 2019 e 7,2 milhões de toneladas por ano e 21,3 kg/habitante de resíduos em 2022 (Baldé et al., 2024, Forti et al., 2020,).

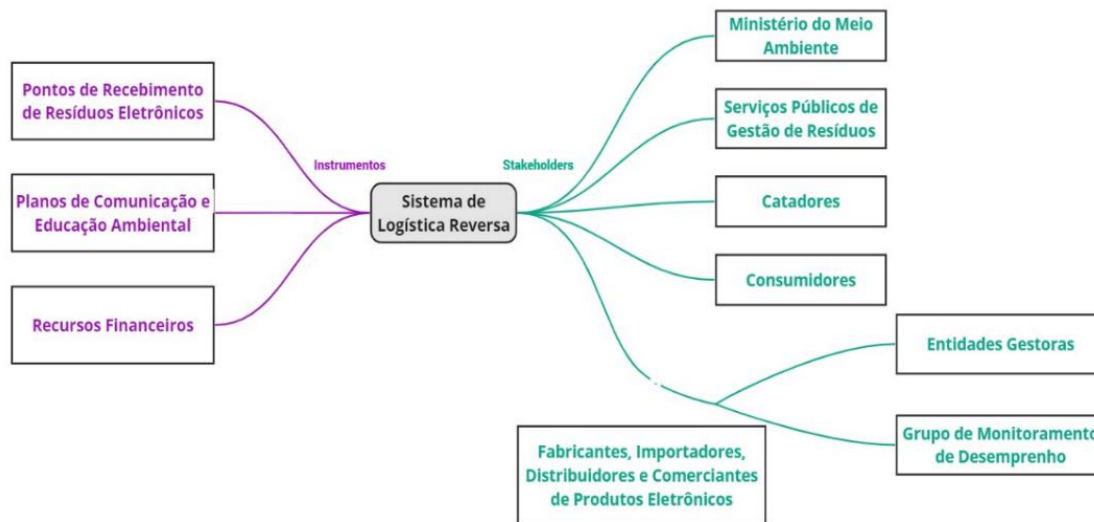
No Brasil, a destinação de resíduos pós-consumo é regulamentada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela lei nº 12.305 instituída em 23 de dezembro de 2010. (Brasil, 2010). Seu objetivo é de reduzir o impacto ambiental de resíduos através da implementação da logística reversa para produtos de diferentes setores, incluindo os produtos eletroeletrônicos (Araújo et al., 2012). Nesse sentido, em 31 de outubro de 2019, a implementação do PNRS foi impulsionada pela assinatura de um acordo setorial que estabelece os termos para o exercício da logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes no Brasil. O acordo foi assinado pelos maiores expoentes brasileiros com relação a indústria de eletroeletrônicos, sendo eles, o Governo Brasileiro, representado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), Associação Brasileira da Distribuição de Produtos e Serviços de Tecnologia da Informação (ABRADISTI), Federação das Associações das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação (ASSESPRO NACIONAL) e Gestora para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônico Nacional (GREEN ELETRON). O acordo prevê a estruturação, implementação e operacionalização do sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico no mercado nacional. Além disso, são previstas também ações de comunicação e campanhas de conscientização da população com relação ao descarte adequado dos produtos eletroeletrônicos (Acordo Setorial, 2019).

Uma nova versão da PNRS foi implementada em fevereiro de 2020, através do Decreto Federal nº 10.240 que estabelece metas de curto, médio e longo prazo, a serem cumpridas pelo governo, pela sociedade civil e pela iniciativa privada em busca desenvolver um sistema de logística reversa obrigatória, com previsão de alcançar todo o mercado nacional, em especial, as empresas e associações que não foram signatárias ao Acordo Setorial de 2019 (Brasil, 2020; ABRELPE, 2020). A PNRS estabelece através do artigo 33 a obrigação dos fabricantes, importadores, distribuidores e

comercializadores de produtos eletroeletrônicos e seus componentes, de estruturarem a implementação de um processo de gestão de REEE pós-consumo independente da gestão pública de resíduos sólidos (Brasil, 2020). Nesse sentido, a logística reversa revela-se como uma abordagem valiosa para gestão dos resíduos pois planeja, implementa e controla os processos de matérias primas, produtos acabados, descartados e rejeitados, devolvendo-os ao ciclo produtivo com a finalidade de capturar valor, através de processos como descarte adequado, remanufatura ou reforma (Santos 2022; Neto et al, 2017).

Conforme estipulado no Decreto nº 10.240, a implementação e operação do sistema de logística reversa é de responsabilidade de cada entidade envolvida no processo econômico. Sendo assim, os fabricantes e importadores são obrigados a estabelecer e financiar uma entidade gestora legal encarregada de planejar, implementar e gerenciar o sistema de logística reversa. Essa entidade deve estabelecer um comitê de monitoramento de desempenho, responsável por acompanhar e comunicar os indicadores de desempenho ao Ministério do Meio Ambiente. Os consumidores devem realizar a separação adequada do lixo eletrônico, isolando-o de outros resíduos e removendo informações e dados pessoais antes de descartá-lo nos pontos designados dentro do sistema de logística reversa. É necessário que as cooperativas e associações de catadores estejam legalmente registradas para participar ativamente do sistema de logística reversa. Com relação a estímulos financeiros, pode-se reuni-los por meio de uma taxa incluída na fatura no momento da compra. Os fabricantes e importadores de produtos eletrônicos têm a responsabilidade de garantir a reciclagem adequada ou o descarte apropriado do lixo eletrônico coletado pelo sistema. Nesse sentido, a Figura 5 evidencia os sistemas de logística reversa, os atores e instrumentos de gestão de resíduos que existem no Brasil (Santos 2022).

Figura 5 – Sistema de Logística Reversa: Instrumentos e Stakeholders

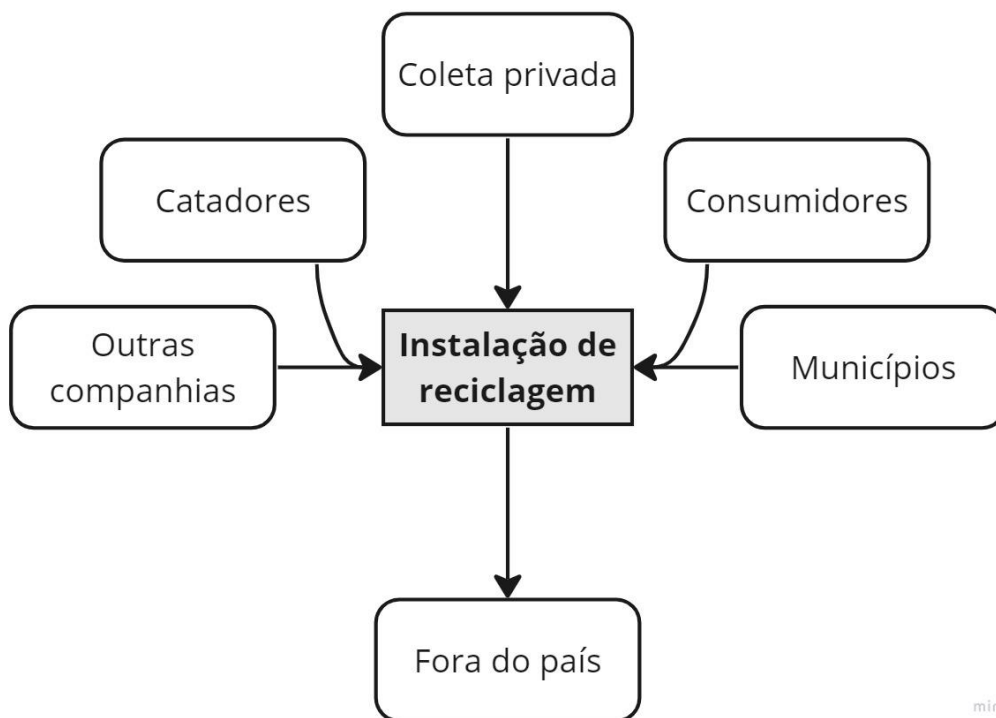


Fonte: Elaboração própria, adaptado de Santos, (2022).

Porém, apesar da promulgação da PNRS que incentiva a logística reversa e possibilita uma gestão adequada para os REEE, grande parte do *e-waste* produzido ainda é descartado em conjunto ao lixo doméstico e consequentemente são destinados a aterros sanitários ou são segregados como materiais recicláveis comuns (Souza et al., 2016). Além disso, existem poucas instalações direcionadas a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, onde 89% das empresas realizam apenas a fase de pré-tratamento no processo de reciclagem, através da triagem e desmontagem. Vale destacar também, que 92% das empresas efetuam a desmontagem dos REEE de forma manual, colocando os operadores diretamente em contato com os resíduos (Dias et al., 2018).

No Brasil, as empresas que desmontam os REEE recebem os materiais através de (i) parcerias com outras empresas; (ii) serviço de coleta particular realizado pelo reciclador; (iii) entregas voluntárias pelos consumidores; (iv) venda por catadores (os catadores eletrônicos podem em muitos casos utilizar processos rudimentares e inseguros para desmontar os produtos); e (v) parcerias com programas municipais. Ao final do processo, ocorre a trituração do material e em seguida a exportação para centros internacionais de reciclagem (Santos 2022). Nesse sentido, a Figura 6 elabora o caminho atual de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil.

Figura 6 – Rotas de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil



Fonte: Santos, (2022). Traduzido pelo autor.

Além disso, existem outras barreiras quanto a implementação adequada da logística reversa de REEE no Brasil, como a falta de conscientização de consumidores com relação ao armazenamento, manuseio, uso e descarte de equipamentos eletroeletrônicos (Azevedo et al., 2017) ou a falta de conhecimento técnico em reciclagem de resíduos eletrônicos devido a necessidade de utilização de tecnologias avançadas para recuperar os materiais críticos da extensa variedade de resíduos eletroeletrônicos existentes (Neto et al., 2017).

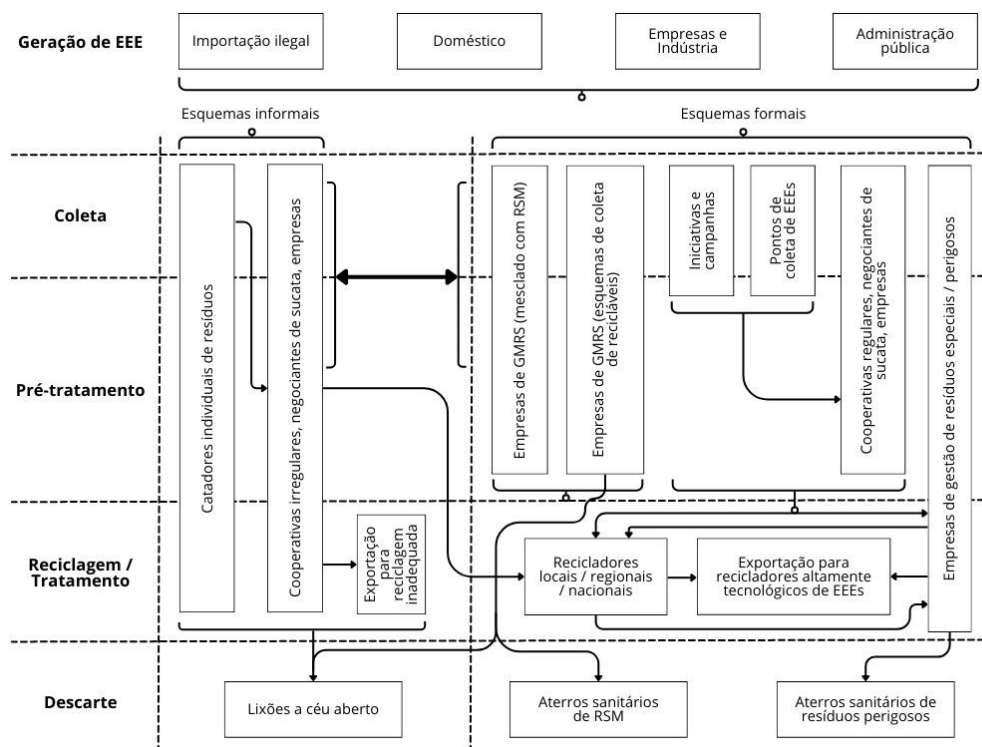
Em 2023, a Green Eletron desenvolveu uma pesquisa denominada “Resíduos Eletrônicos no Brasil 2023” que traz um panorama sobre qual é a percepção que a população brasileira tem sobre resíduos eletrônicos e o descarte dessas peças e equipamentos após o consumo. A pesquisa contou com cerca de 2.640 entrevistados, onde 41% dos participantes alegaram que o termo “resíduo eletrônico” está relacionado aos aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos quebrados, o que mostra que apenas uma pequena parte dos entrevistados conhece de fato o termo. Para uma melhor exemplificação, cerca de 34% dos entrevistados responderam que o termo está relacionado ao meio digital, como spam, e-mails, fotos e arquivos. Além disso,

somente 25% dos entrevistados sabiam que todos os eletroeletrônicos podem ser reciclados. Também foi identificado que, cerca de 85% dos participantes guardavam algum eletroeletrônico sem utilidade em suas residências desde que parou de usar, onde 40% das pessoas que guardam esses itens, já fazem essa ação a mais 1 ano. Por fim, 25% dos entrevistados alegam que descartam REEE junto com o lixo reciclável, sendo uma prática não recomendada.

Além da conscientização dos consumidores, outro ponto de atenção é a extensão territorial do Brasil e sua infraestrutura precária no transporte, principalmente em regiões de mata e florestas, o que dificulta o transporte de resíduos eletroeletrônicos para instalações especializadas no descarte e tratamento adequado (Azevedo, et al., 2017).

Nesse sentido, com relação a geração e destino dos resíduos eletroeletrônicos no país, pode-se observar tanto rotas de cadeias formais quanto rotas informais no país. Com relação as rotas informais, destacam-se os catadores individuais, cooperativas irregulares e sucateiros (Souza, et al., 2020). Estima-se que em 2008, cerca de 70,5 mil catadores atuavam em áreas urbanas, em que cerca de 18% deles atuavam estritamente no Estado de São Paulo (Silva et al., 2013). Nesse contexto, a atividade dos catadores autônomos se baseia em coletar os resíduos eletrônicos de residências ou empresas, desmontar os eletrodomésticos, separar componentes valiosos para comercialização (geralmente efetuada com sucateiros), e por fim, rejeitar peças menos valiosas em lixões abertos ou terrenos vazios (Souza et al., 2020). Pode-se destacar também as atividades das cooperativas e sucateiros que não possuem licença formal para o processamento de *e-waste* que também aplicam processamentos irregulares na separação de materiais valiosos para comercialização. Já as rotas formais são compostas por recicladores de resíduos eletrônicos com capacidade limitada para processar alguns tipos de dispositivos e componentes (Souza et al., 2020). Dessa maneira, através da Figura 7, é possível identificar as rotas formais e informais conhecidas atualmente de resíduos eletrônicos no Brasil.

Figura 7 – Rotas formais e informais de resíduos eletroeletrônicos no Brasil



Fonte: Souza, (2020). Traduzido pelo autor.

Assim, é possível perceber que as rotas informais são os principais responsáveis pelo descarte incorreto de REEE. Nesse processo ocorre a extração de metais preciosos com maior valor agregado e que necessitam de maiores cuidados para efetuar a reciclagem correta e segura. Em seguida, os produtos são exportados para reciclagens inadequadas e por fim, ocorre o descarte dos resíduos em lixões a céu aberto, comprometendo o meio ambiente ao redor.

O Brasil possui uma das menores taxas de coleta e reciclagem de resíduos eletroeletrônicos do mundo. Segundo Forti et al., (2020) o país coletou e reciclou oficialmente em 2012 apenas 0,14 quilotoneladas enquanto outros países reciclaram números muito maior. Durante a pesquisa, houve certa dificuldade em encontrar dados oficiais quanto aos níveis de reciclagem do país, porém Dias et al., (2022) através de uma série de testes de hipótese, levando em consideração o número de recicladores em comparação com o número de habitantes do país, conseguiu analisar estatisticamente valores relacionados a média de REEE reciclados por mês na nação. Nesse sentido, estima-se que o Brasil recicle atualmente cerca de 77 quilotoneladas por ano, representando apenas 3,6% do total de REEE gerados no país, evidenciando os baixos

níveis de reciclagem. Nesse sentido, utilizando as informações apresentadas durante a elaboração deste capítulo, pôde-se elaborar a Tabela 5 que apresenta um quadro comparativo analisando os diferentes processos de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos adotados pelas diferentes regiões ao redor do globo, relacionando-os a quantidade de resíduos reciclados em cada uma dessas regiões.

Tabela 5 - Quadro comparativo - Versão Inicial

Processos de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos		Detalhamento dos processos	Referências	Brasil	União Europeia	China	Estados Unidos	Índia	Japão	Reino Unido
1	Desmontagem	Desmontagem manual	Lee et al. (2018)	X	X	X	X	X	X	X
2	Trituração	Trituração de materiais	Ongondo et al. (2011)	X						X
3	Segregação	Separação dos resíduos	Ghosh et al. (2016)	X	X	X	X	X	X	X
4	Aterros sanitários	Local de decomposição	Kahhat et al. (2008)	X	X		X		X	
5	Incineração	Queima de resíduos sólidos	Lee et al. (2018)			X	X			
6	Reciclagem ampla	Reciclagem ampla dos componentes	Lee et al. (2018)		X	X	X		X	X
7	Reciclagem específica	Reciclagem de componentes específicos	Islam et al. (2020)	X				X		
8	Separação química	Segregação de substâncias químicas	Lee et al. (2018)		X		X			
9	Separação física	Segregação de componentes	Islam et al. (2020)	X	X	X	X	X	X	X
10	Separação mecânica	Segregação dos componentes mecânicos	Lee et al. (2018)	X	X	X	X	X	X	X
11	Reciclagem informal	Catadores e cooperativas irregulares	Ghosh et al. (2016)	X		X		X		
12	Prevenção e redução de resíduos	Políticas para diminuição dos resíduos	Ongondo et al. (2011)	X	X	X	X	X	X	X
13	Redesenho de produtos	Modificação de produtos	Ghosh et al. (2016)		X	X				
14	Coleta especializada	Especialização em coleta	Ghosh et al. (2016)		X		X		X	
15	Transporte especializado	Especialização em transporte	Kahhat et al. (2008)		X		X		X	
16	Recuperação de metais preciosos	Recuperação itens	Ghosh et al. (2016)		X	X	X	X	X	X
17	Tratamento de metais preciosos	Refino de materiais obtidos pela reciclagem	Ghosh et al. (2016)		X		X			
18	Reutilização de produtos	Reaproveitamento	Ghosh et al. (2016)			X		X	X	X
Quantidade de resíduos gerados (kt) – 2022				2.443	14.000	12.066	7.188	4.137	2.638	1.652
Quantidade de resíduos reciclados (kt) - 2022				77	5.600	1.951	4.052	59	613	501

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Islam et al., (2020); Baldé et al., (2024).

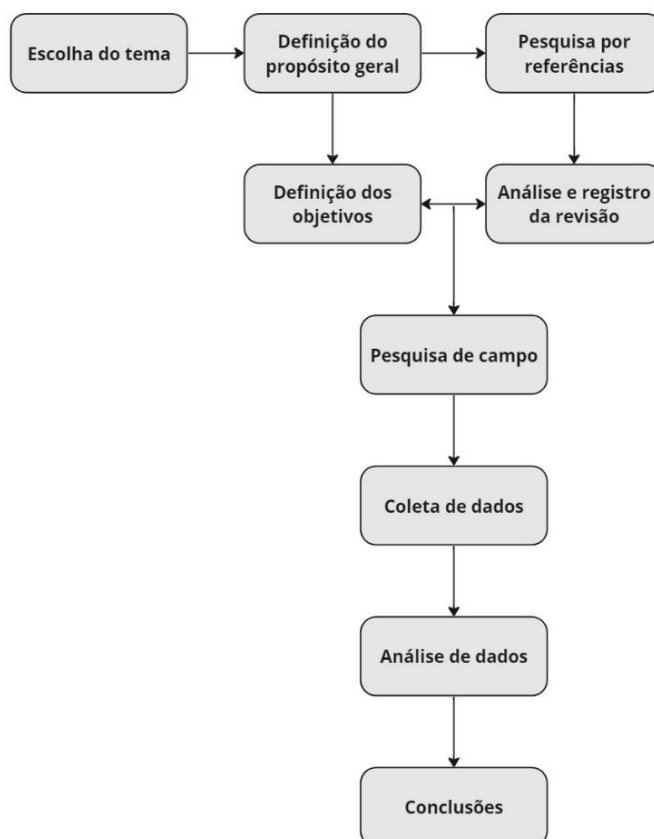
3 METODOLOGIA

O presente capítulo descreve a metodologia adotada para elaboração da pesquisa, descrevendo cada fase de estudo deste trabalho e evidenciando suas relevâncias para a parte empírica do projeto. Além disso, os métodos utilizados no processo de coleta e análise de dados também são apresentados.

3.1 Estratégia da pesquisa

Este trabalho busca relacionar conceitos teóricos sobre a Economia Circular, aplicada a indústria de eletroeletrônicos com uma compreensão prática da gestão de resíduos sólidos deste setor através de uma estrutura de análise qualitativa, com o propósito de entender os motivos que levam o Brasil a possuir uma baixa taxa de reciclagem de componentes eletroeletrônicos se comparado as taxas de outros países.

Figura 8 – Fluxo das atividades de pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 8 apresenta o fluxo das atividades de pesquisa do trabalho. Nesse sentido, o processo se iniciou através da escolha do tema e definição do propósito geral, partindo para o início da pesquisa de referências para a revisão da literatura. A partir da revisão da bibliografia, pode-se então estruturar os objetivos do trabalho e assim a estratégia utilizada para o projeto.

Nesse sentido, esta pesquisa seguiu duas etapas. A primeira etapa foi de estruturação de uma revisão da literatura que contemplasse os pontos mais relevantes no contexto da EC aplicada a indústria de eletroeletrônicos, para que assim os processos de gerenciamento de resíduos utilizados na indústria pudessem ser identificados e listados para a elaboração do quadro comparativo existente na sessão de Resultados da pesquisa. Esse quadro fornece um panorama geral dos processos mais relevantes e identifica os países que os utilizam, além de evidenciar o número de resíduos coletados, documentados e reciclados ao redor das regiões.

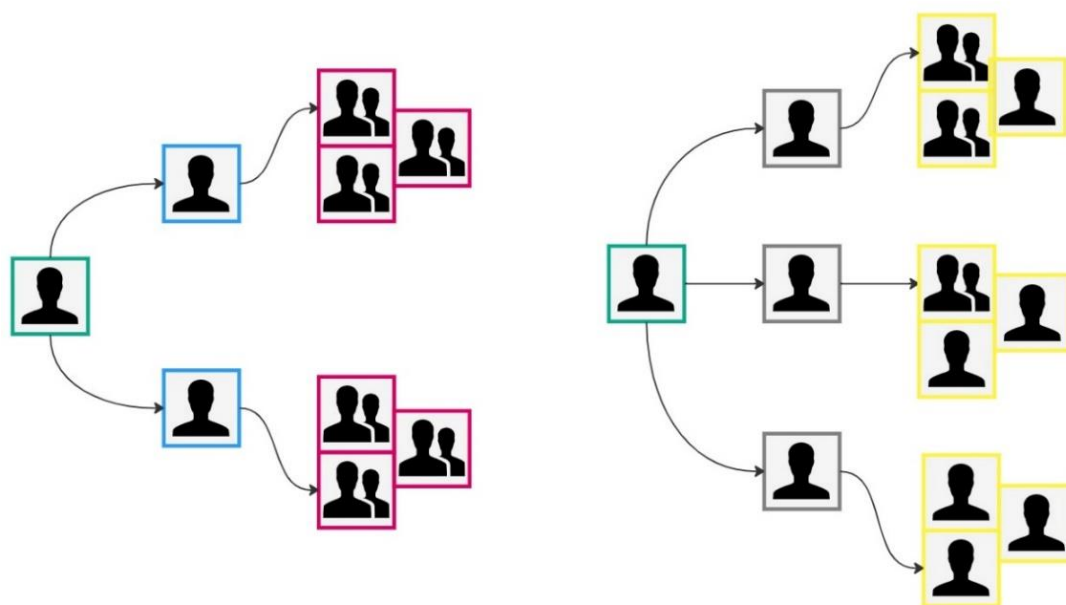
Para a segunda etapa da pesquisa, optou-se pela abordagem qualitativa, desenvolvida a partir de entrevistas viabilizadas por meio de roteiros semiestruturados. As entrevistas foram efetuadas com empresas líderes da indústria de eletroeletrônicos e instituições e associações relevantes no campo da gestão de resíduos sólidos do setor para identificar as práticas de circularidade adotadas e para compreender as variáveis que afetam a taxa de reciclagem desses resíduos no Brasil. Assim, a partir das empresas, instituições e associações do setor e por meio da metodologia de amostragem *snowball*, foi possível encontrar uma lista de stakeholders a serem entrevistados.

O método de amostragem *snowball*, ou bola de neve, é baseada na ideia de que os pesquisadores devem começar a pesquisa com alguns contatos iniciais que são chamados de *seeds* (sementes) e que ao final de suas entrevistas poderão recomendar outros agentes e organizações para participarem da pesquisa, até que um ponto de saturação seja alcançado (Parker et al., 2020). Nesse sentido, a amostragem permite que se alcancem populações pouco conhecidas ou de difícil acesso, tendo em mente que os indivíduos entrevistados são mais propensos a aceitarem participar da pesquisa, por serem indicados e motivados por conhecidos. Dessa forma, esta abordagem se mostra ideal para pesquisas sobre temas de âmbito privado. (Bockorni e Gomes, 2021).

A metodologia deve então continuar até que a saturação de dados reflita um estágio no processo da pesquisa em que novas amostras não geram dados relevantes, mas sim uma redundância de dados (Naderifar et al., 2017). Nesse ponto, novos entrevistados não acrescentam informações novas a pesquisa, sendo um bom momento para finalizar a amostragem. (Eisenhardt e Graebner, 2007).

Segundo Vinuto (2014), a amostragem *snowball* é apenas uma ferramenta no contexto geral do trabalho, que auxilia o pesquisador, mas que depende de uma boa execução de outras fases da pesquisa. Sendo assim, para possuir um funcionamento satisfatório depende da consideração de outros meios de pesquisa e de uma execução adequada quanto a todas as fases da abordagem. Deve-se então, realizar um planejamento eficaz e um bom desenvolvimento das fases iniciais, de forma a manter a rede de contatos que constituirá o corpo da pesquisa. (Bockorni e Gomes, 2021). A Figura 9 evidencia a técnica de *snowball* utilizada no projeto.

Figura 9 - Amostragem *snowball*



Fonte: Elaboração própria.

Nesse sentido, além da coleta de dados primários através das entrevistas com roteiro semiestruturado, também serão coletados dados secundários através de pesquisas na internet a respeito de notícias relacionadas as companhias entrevistadas

e sobre o panorama atual do setor, estudando as leis que colaboram para a implementação de medidas circulares ou que impeçam o desenvolvimento de sistemas eficazes de gestão de resíduos eletroeletrônicos.

Ao fim do processo de coleta de informações, inicia-se a análise dos dados que, somado a estratégia de pesquisa, proporcionam o cenário necessário para atingimento dos objetivos do estudo. Nesse sentido, os objetivos do trabalho são divididos em:

1. Detalhar os processos de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil bem como sua estruturação no país.
2. Comparar os processos de gerenciamento de resíduos que ocorrem no Brasil com processos existentes em países com taxas de reciclagem superiores

3.2 Coleta e análise de dados

Buscando atingir os objetivos propostos foi selecionada uma abordagem de pesquisa exploratória que consiste na realização de um estudo para a familiarização do pesquisador com o objeto que está sendo investigado durante o trabalho. Nesse sentido, o principal mecanismo de coleta de dados utilizado é o de entrevistas com roteiros semiestruturados de modo a obter e analisar dados pela linguagem dos entrevistados, ou seja, sem possuir um roteiro rígido que pudesse enviesar as respostas concedidas e restringindo a lógica de pensamentos do participante. (SILVA; GODOI; BANDEIRA-DE-MELLO, 2010).

As entrevistas foram realizadas com funcionários das empresas, instituições e associações ligados à sustentabilidade ou a gestão de resíduos eletroeletrônicos e seguiram o roteiro de perguntas determinadas pelo Apêndice A. Porém, vale ressaltar que o roteiro possui certo grau de flexibilidade, de forma a se adequar à realidade das instituições e dos participantes. Além disso, de forma a conceder maior credibilidade a pesquisa, também foram utilizados outros meios de coleta de dados. Isso se deve ao fato da pesquisa qualitativa se caracterizar pelo multimétodo, utilizando variadas fontes de informações (SILVA; GODOI; BANDEIRA-DE-MELLO, 2010). Assim, as entrevistas foram apoiadas por pesquisas secundárias que proporcionam dados disponíveis na internet, como notícias relacionadas as companhias e relatórios que

concedem mais informações relevantes para o estudo. A Tabela 6 apresenta o quadro contendo os meios utilizados para obtenção de dados secundários das organizações entrevistadas na pesquisa

Tabela 6 - Dados secundários da pesquisa

Organização	Website
ABREE	https://abree.org.br/ https://www.instagram.com/abree.oficial/
Green Eletron	https://greeneletron.org.br/ https://www.instagram.com/eletriconaoelixo/
Programando o Futuro	https://www.programandoofuturo.org.br/ https://www.instagram.com/programandofuturo/
FIT	https://www.fit-tecnologia.org.br/home https://www.linkedin.com/company/fitinstitutodetecnologia
Brasil Reverso	https://www.brasilreverso.com.br/site/ https://www.youtube.com/@brasilreverso2818
GM&C	https://gmclog.com.br/ https://www.youtube.com/@gmcreciclagem
CETESB	https://cetesb.sp.gov.br/ https://www.instagram.com/cetesbsp/
Especialista	https://congressoderesiduos.com.br/2024/03/26/flavio-de-miranda-ribeiro https://www.linkedin.com/in/flavio-m-ribeiro/

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, a Tabela 7 apresenta a descrição geral das entrevistas efetuadas, apresentando a codificação para cada uma das organizações, qual o tipo de organização foi entrevistada, sua atividade principal na cadeia de REEE, a codificação dos entrevistados, o cargo dos participantes, qual o formato da conversa, e por fim, data e duração do bate papo.

Tabela 7 - Descrição das entrevistas realizadas

Instituição	Tipo de instituição	Atividade da instituição	Cargo do entrevistado	Entrevistado	Formato da entrevista	Data	Duração
Organização 1	ONG Nacional 8 colab.	Coleta e reciclagem de REEE	Time de Operações	Entrevistado 1	Questionário	16/11/23	-
Organização 2	OSCIP Nacional 40 colab.	Coleta e reciclagem de REEE	Coordenadora de Projetos Sociais e Logística Reversa	Entrevistado 2	Remoto via Google Meets	17/11/23	40 min
Organização 3	ONG Nacional 15 colab.	Coleta e reciclagem de REEE	Gerente de Relações Institucionais	Entrevistado 3	Questionário	29/01/23	-
Organização 4	ICT Nacional 450 colab.	Criação de soluções científicas e tecnológicas	Gerente de Economia Circular e Responsabilidade Social	Entrevistado 4	Remoto via Google Meets	20/02/24	30 min
Organização 5	Empresa Nacional 120 colab.	Coleta e reciclagem de REEE	Diretor Comercial	Entrevistado 5	Remoto via Google Meets	23/11/23	70 min
Organização 6	Empresa Nacional 150 colab.	Coleta e reciclagem de REEE	Gerente de Relações Institucionais e Novos Negócios	Entrevistado 6	Remoto via Google Meets	07/12/23	46 min
Organização 7	Governo Estadual Nacional 1800 colab.	Controle e licença de atividades ambientais	Eng.ª da Divisão de Economia Verde e Logística Reversa	Entrevistado 7	Remoto via Google Meets	13/12/23	42 min
-	Especialista Nacional 1 colab.	Lecionar EC para REEE	Consultor e Professor	Entrevistado 8	Remoto via Google Meets	18/12/23	60 min

Fonte: Elaboração própria.

Para a análise dos dados coletados, serão utilizadas as bases obtidas através das entrevistas realizadas e da Tabela 5 desenvolvida no estudo, que contém o quadro comparativo sobre os processos de gerenciamento de resíduos em diferentes países, de

forma a analisar como os métodos levantados influenciam os níveis da reciclagem de REEE ao redor do planeta. Assim, será possível entender através das entrevistas, as similaridades e diferenças nas visões dos stakeholders da cadeia de REEE, a fim de apresentar comparações e recomendações ao final do trabalho. Além disso, teremos uma visão detalhada de como o Brasil poderia se inspirar em outras experiências e quais práticas poderiam ser vantajosas para impulsionar os índices da reciclagem no contexto brasileiro.

4 RESULTADOS

O presente capítulo apresenta em detalhes as organizações e instituições participantes do trabalho através das entrevistas e da pesquisa secundária efetuada a partir de cada uma das entidades. Em primeiro lugar, será apresentado um detalhamento das instituições, abordando sua relevância e foco de atuação dentro da cadeia de resíduos eletroeletrônicos. Em seguida, serão apresentadas as diferentes visões dos stakeholders da cadeia obtidas através das entrevistas.

4.1. Organizações

As organizações entrevistadas neste trabalho estão diretamente envolvidas no contexto da indústria de eletroeletrônicos no Brasil e buscam influenciar benéficamente os índices de reciclagem no país. Entre as instituições temos Organizações Não Governamentais (ONGs), Organizações sem Fins Lucrativos, Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT), empresas de capital fechado, agentes do Governo Estadual de São Paulo e Especialistas no assunto que buscam instruir cada vez mais a população quanto aos perigos de uma má gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

4.1.1. Organizações Sem Fins Lucrativos

4.1.1.1. Organização 1

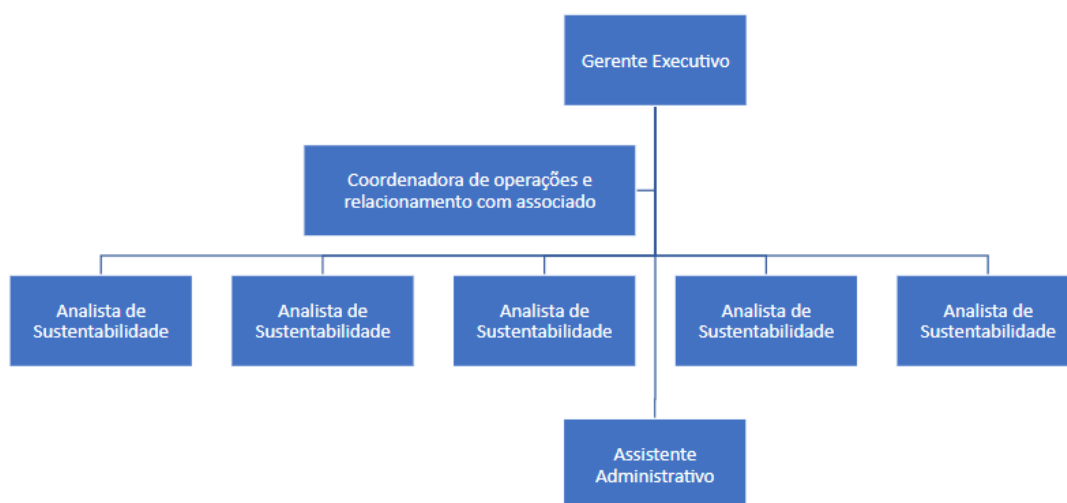
A Organização 1 é uma associação sem fins lucrativos que foi criada exclusivamente para coordenar operações de logística reversa de eletroeletrônicos e pilhas, de forma coletiva, com foco no descarte por consumidores domésticos.

Em resposta às crescentes demandas de empresas, governos e da sociedade pelo surgimento de alternativas estruturadas para coleta e tratamento adequado de eletroeletrônicos no fim de sua vida útil, a Organização 3 fundou em 2016 a Organização 1, sendo a maior gestora direcionada para logística reversa de produtos eletroeletrônicos no Brasil. Nesse sentido, a Organização 1 foi criada para compor a

solução da administração sustentável desses materiais, e para representar o grupo de empresas associadas a organização, por meio da operacionalização da logística reversa e da destinação correta à reciclagem dos itens no país. Sendo assim, o objetivo principal da Organização 1 é de auxiliar as empresas no atendimento à lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) criando um sistema coletivo, eficiente e econômico para os seus associados.

Atualmente, as atividades da instituição são efetuadas por oito funcionários, sendo um assistente administrativo, cinco analistas de sustentabilidade, uma coordenadora de operações e relacionamento com associados e um gerente executivo, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Organograma da Organização 1

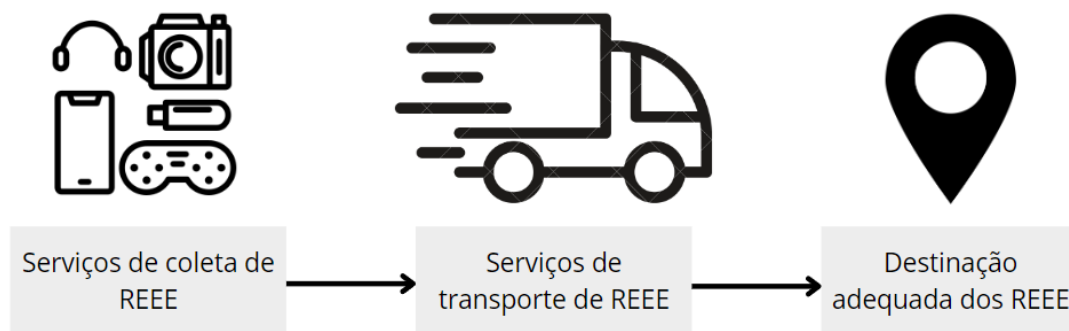


Fonte: Elaboração própria.

A Organização 1 atua com 82 parceiros de vasta experiência no ramo, contratando e coordenando os serviços de coleta, transporte e a destinação final ambientalmente adequada dos eletroeletrônicos descartados, garantindo aos seus associados confiabilidade e segurança no atendimento às exigências legais. Sendo assim, seus associados financiam toda operação e a instituição fica responsável por todo processo operacional que possibilitará a transformação de seus materiais em novas matérias-primas para a indústria. Nesse sentido, a coordenação das atividades centrais que a Organização 1 efetua podem ser encontradas na Figura 11.

Vale destacar também que apesar da sinergia entre a Organização 1 e a Organização 3 o quadro social das organizações não estão limitados às instituições parceiras entre elas. Ou seja, entidades diferentes podem ser integradas ao portfólio da Organização 1 desde que as empresas sejam sediadas no país e que atuem na produção, importação e/ou comercialização de equipamentos elétricos e eletrônicos.

Figura 11 - Coordenação de atividades da Organização 1



Fonte: Elaboração própria.

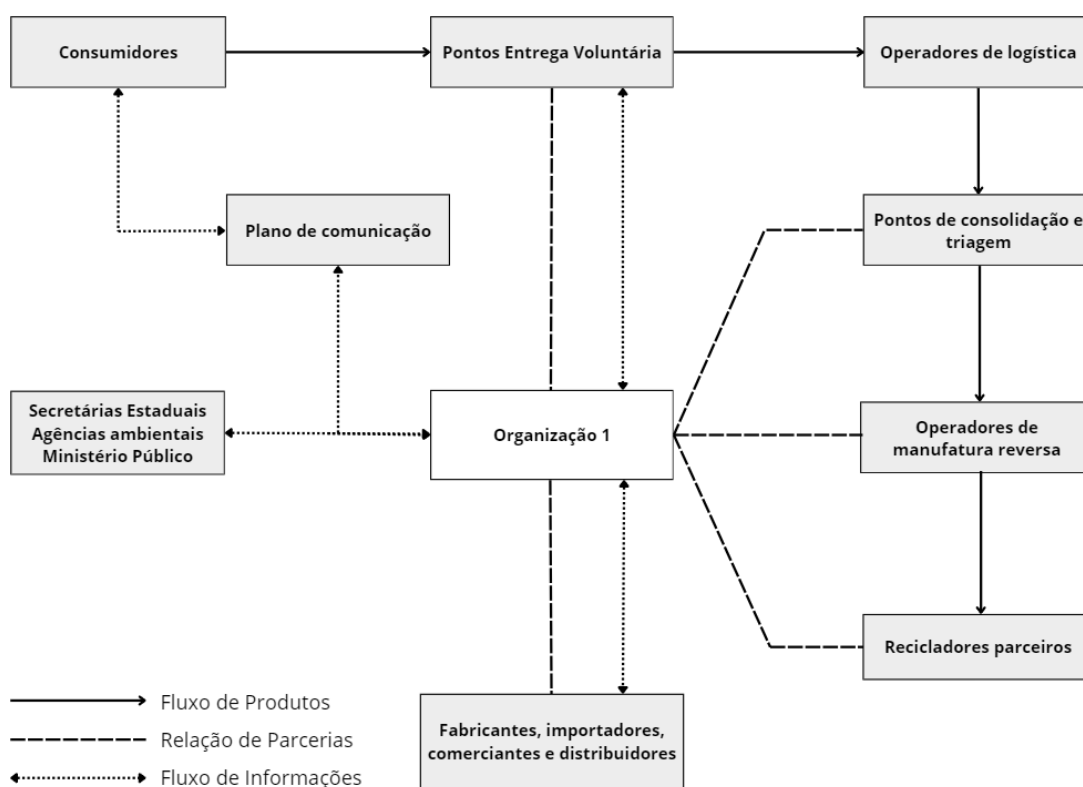
A Organização 1 trabalha representando seus associados perante os órgãos ambientais estaduais e federais, para atendimento às metas do setor em relação às obrigações legais referentes à operacionalização da logística reversa. Nesse sentido, a instituição é responsável por atividades como a negociação com parceiros para instalações de PEVs (Ponto de Entrega Voluntária), homologação de fornecedores para transporte, pontos de consolidação de volume, e pôr fim a destinação destes materiais. Nesse sentido, a proposta da Organização 1 pode ser descrita como contribuir para a integração da logística reversa nas ações de política industrial do setor eletroeletrônico, além de promover a Economia Circular, visando a geração de valor e a redução de custos.

A cadeia de atividades da instituição tem início quando os consumidores direcionam seus equipamentos eletrônicos para os PEVs onde os materiais são coletados e enviados para empresas parceiras, responsáveis pela descaracterização e separação dos componentes. Em seguida, esses materiais são encaminhados para a indústria, de acordo com o tipo de resíduo, como metais e plásticos.

A seleção das instituições associadas a Organização 1 é feita de maneira criteriosa, pois é necessária uma vasta gama de certificações e documentações para

que a parceria seja aceita. Para ser uma recicladora qualificada pela organização, o parceiro deve, por exemplo possuir o CFT (Cadastro Técnico Federal) e CR (Certificado de Regularidade) do IBAMA, que atuam como garantias de que as atividades realizadas pela empresa estão alinhadas com a legislação ambiental, e o PGRS (Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos), documento que indica a forma correta de manejo, transporte, reciclagem e disposição final deste material. Além disso, são realizadas auditorias frequentes dos dados dos associados e é necessário que todos os dados quanto à operação e coleta de volumes sejam documentados. A Figura 12 ilustra o fluxograma de processos da Organização 1, evidenciando as etapas de fluxo de produtos, relação de parceiras e fluxo de informações.

Figura 12 - Fluxograma de processos da Organização 1



Fonte: Elaboração própria.

Desde o início de suas operações, no ano de 2017, foram instalados mais de 1.000 Pontos de Entrega Voluntária de eletroeletrônicos e outros 7 mil exclusivos de pilhas nacionalmente. Os PEVs da instituição podem ser encontrados em lojas de varejo, *shoppings centers*, instituições empresariais e entidades de ensino. Com o

programa de eletroeletrônicos, a gestora está presente em 13 estados: SP, RJ, DF, BA, CE, ES, GO, MG, MS, PE, PR, RS e SC, e segundo dados disponibilizados na entrevista feita, somente no ano de 2022, a entidade encaminhou à reciclagem mais de 4,6 mil toneladas de resíduos encontrados em seus PEVs espalhados pelo Brasil. Com relação ao programa de pilhas, mais de 1.825 toneladas tiveram sua destinação correta. A Figura 13 apresenta um dos diversos PEVs que a instituição possui na cidade de São Paulo, localizado em um *shopping center*.

Figura 13 - PEV da Organização 1 em shopping de São Paulo



Fonte: Elaboração própria.

A Organização 1 busca continuar aumentando o número de coletores disponíveis nos próximos anos e expandir suas atividades para outros municípios em outros estados, assim como aumentar consideravelmente a quantidade de resíduos coletados e reciclados, seguindo as metas estipuladas no Acordo Setorial e Decreto 10.240/20 relacionado a regulamentação e implementação de sistemas de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Dessa

forma, a Organização 1 busca cumprir as especificidades que o Acordo Setorial propõe sobre a reciclagem de REEE. Nesse sentido, o acordo prevê que as organizações, de forma individual ou coletiva (como no caso da Organização 1), devem, gradualmente (de 2021 até 2025), instalar mais de 5.000 PEVs nas 400 maiores cidades do Brasil e coletar e destinar 17%, em peso, dos produtos colocados no mercado em 2025, ano definido como base.

Outro objetivo da Organização 1 é de realizar campanhas de conscientização e educação ambiental, fundando no ano de 2020, o “Movimento Eletrônico Não é Lixo”, que busca conscientizar o público quanto a destinação correta de eletrônicos pós uso, além de identificar a percepção da sociedade quanto aos REEE.

“Em nossa pesquisa sobre a percepção do público em relação aos eletroeletrônicos pós uso, há um levantamento bem abrangente sobre o entendimento das pessoas sobre o que é “lixo eletrônico”. Muitas vezes esse termo é entendido como algo relacionado a e-mails, spam. Pensando nisso a Organização 1 criou o “movimento eletrônico não é lixo”, a fim de conscientizar a população sobre boas práticas com seus materiais, e a importância do descarte correto. A população de maneira geral, é pouco engajada e buscam poucas informações sobre a importância da reciclagem para a vida de todos no planeta”. (Entrevistado 1, Organização 1)

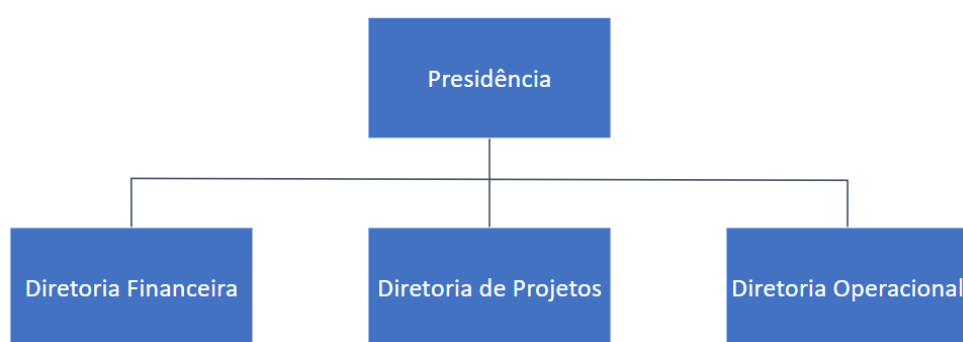
Atualmente, a Organização 1 conta com sete parceiros homologados para a desmontagem e destinação correta dos aparelhos eletroeletrônicos. Para a reciclagem de pilhas, um oitavo parceiro é responsável. Os operadores são especialistas no manuseio dos produtos e em suas transformações em matérias primas para o setor industrial. Dessa forma, a instituição consegue fornecer para sociedade um mundo com cada vez menos extração de recursos naturais, promovendo assim o reaproveitamento de matérias-primas com uma economia mais circular.

4.1.1.2. Organização 2

A Organização 2 é uma OSCIP (Organização da Sociedade Civil de Interesse Público), uma entidade sem fins lucrativos do setor privado, comprometida com áreas

de interesse público, como educação, cultura, saúde, meio ambiente e outras questões relevantes. A instituição foi fundada em 2000 e possui três unidades pelo Brasil, nas cidades de Brasília, Cuiabá e Goiânia. Na ONG, a Entrevistada 2 atua como coordenadora de projetos, coordenadora geral, coordenadora de projetos em logística reversa e projetos sociais. O Organograma da instituição pode ser observado pela Figura 14.

Figura 14 - Organograma da Organização 2



Fonte: Elaboração própria.

Em seu website, a Organização 2 apresenta sua missão como de “impactar positivamente a vida das pessoas e do ecossistema transformando realidades mediante ações educativas para o novo mundo do trabalho e o reuso de equipamentos e materiais eletroeletrônicos” e sua visão é pautada em ser “reconhecida como referência em educar para o novo mundo do trabalho, pelo respeito aos direitos humanos e pela promoção do reuso e reaproveitamento de equipamentos eletroeletrônicos e outros materiais”. Já seus valores, são baseados na ética, equidade, transparência, solidariedade, inovação, criatividade e na valorização da competência técnica e desenvolvimento do potencial humano.

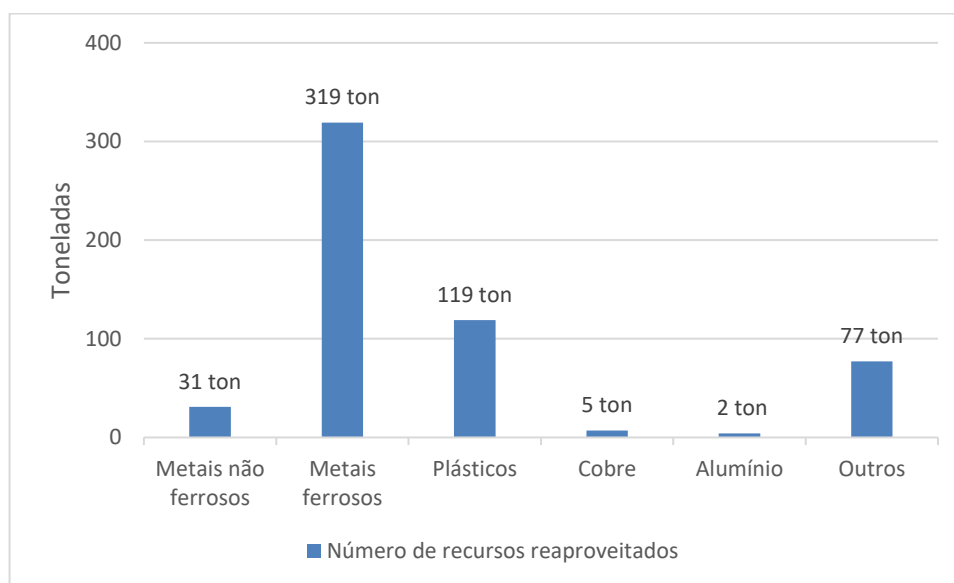
A Organização 2 atua como um Centro de Reconhecimento de Computadores (CRC), junto ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) recondicionando equipamentos eletroeletrônicos doados em plenas condições operacionais e recuperando seus materiais para pontos de inclusão digital. Nesse sentido, ela atua fornecendo computadores e outros implementos para telecentros, bibliotecas públicas, laboratórios de escolas públicas, entre outros. Dessa forma, surge a necessidade por parte da Organização 2 de trabalhar com a gestão dos

resíduos de eletroeletrônicos como solução para o tratamento dos próprios resíduos que são gerados em suas atividades como CRC. Além disso os CRCs capacitam jovens em cursos na área de tecnologia da informação, preparando o aluno não só para o mercado de trabalho, mas também para a vida adulta autônoma, promovendo sua formação cidadã.

“No Brasil, há uma abundância de mão de obra que pode ser qualificada. Acredito que o futuro envolve o surgimento de cursos efetivos sobre Economia Circular. Dessa forma, as pessoas poderão aprender a desmontar resíduos eletrônicos em cursos técnicos. Aprender a desmanufaturar resíduos eletroeletrônicos é muito benéfico e pode ajudar no amadurecimento do conhecimento da população em relação à reciclagem desses resíduos”. (Entrevistada 2, Organização 2)

Cerca de 150 pessoas são vinculadas a instituição e a mesma já beneficiou mais de 43 mil alunos e reciclou mais de 4,3 mil toneladas de eletrônicos desde sua inauguração. Somente no ano de 2021, a Organização 2 coletou 564 toneladas de resíduos eletrônicos e reaproveitou 554 toneladas de matérias primas, conforme evidenciando pelo Gráfico 2.

Gráfico 2 - Número de matérias primas reaproveitadas pela Organização 2

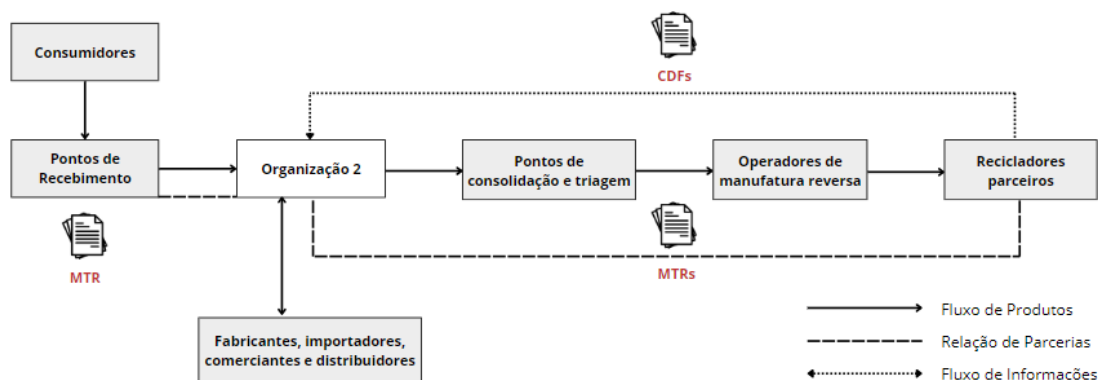


Fonte: Elaboração própria, adaptado do site da Organização 2.

Em 2019, a Organização 2 iniciou as tratativas com a Organização 1 e se tornou homologada como sua operadora logística para toda a região Centro Oeste (Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e no Distrito Federal) e o estado do Tocantins. Dessa forma, como fruto dessa parceria as instituições desenvolvem juntas atividades de educação ambiental e coleta de eletrônicos em inúmeras cidades da região, garantindo o descarte correto e a preservação do meio ambiente.

A instituição oferece serviços de descarte de eletroeletrônicos para pessoas físicas, jurídicas e para o Governo. Assim, basta o cliente entrar em contato com a organização e informar o produto que deseja descartar. A ONG então inicia uma ordem de serviço para que o material seja coletado no endereço do cliente em até 7 dias úteis. A própria Organização 2 possui uma equipe especializada para efetuar a coleta dos equipamentos. Assim, no momento da coleta, é gerado um certificado de recebimento dos bens para que os recicladores finais possam efetuar a homologação da documentação para garantir que todo o processo seja transparente e ocorra em conformidade com a legislação. Após o recebimento dos materiais, ocorre a triagem e descaracterização dos insumos através da análise dos componentes e identificação dos resíduos para destinação final ou manufatura reversa. Além disso, existem também os PEVs para que as pessoas físicas façam o descarte de seus REEE, localizados nas regiões próximas a instituição em parceria com a Organização 1. Assim, o fluxograma dos processos da entidade pode ser observado através da Figura 15.

Figura 15 - Fluxograma de processo da Organização 2



Fonte: Elaboração própria.

A ONG ainda oferece em seu website a possibilidade de solicitar equipamentos eletroeletrônicos. As entidades que desejarem receber os computadores recondicionados podem solicitar kits de cinco, dez ou vinte aparelhos. Porém, as doações são destinadas para entidades sem fins lucrativos, escolas públicas ou telecentros. Todos os computadores doados pela Organização 2 são recondicionados, em boas condições de uso, obrigatoriamente já saem com software livre instalado e possuem garantia de dois anos, podendo ser trocados ao término de sua vida útil desde que devolvam os computadores que não funcionam mais para retirada de novos. Para receber os equipamentos, basta que as instituições que se encaixam no perfil citado, preencham um formulário no site da Organização 2. Assim, os pedidos serão atendidos mediante disponibilidade em estoque.

Com relação a educação, a ONG oferece palestras, participação em eventos temáticos, caravanas e gincanas de descarte de eletrônicos com o objetivo de sensibilizar e conscientizar a população. Além disso, a instituição conta ainda com o “meta móvel”, um ônibus multimídia que vai até as comunidades e apresenta todo o trabalho desenvolvido pela instituição através de vídeos exibidos em seu interior. Vale destacar que a população pode descartar seus eletrônicos durante o circuito do ônibus.

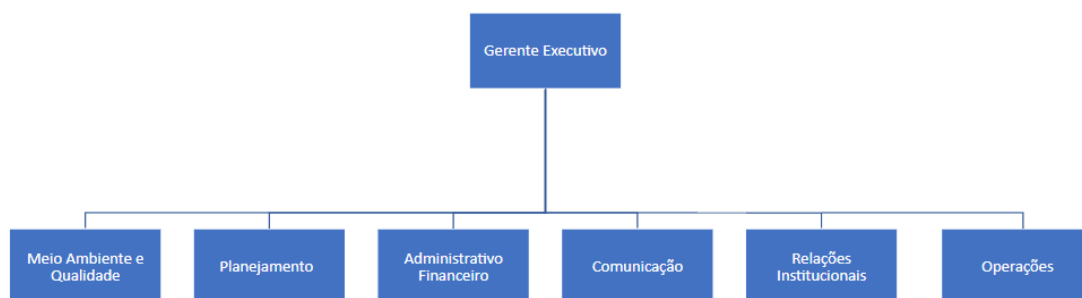
4.1.1.3. Organização 3

A Organização 3 é uma associação sem fins lucrativos, designada como entidade gestora de resíduos da indústria de eletroeletrônicos. Fundada em 2011, a instituição é responsável pela implementação e operacionalização da logística reversa de produtos eletroeletrônicos e eletrodomésticos de forma coletiva. A entidade é composta por 51 instituições associadas, que incluem fabricantes e importadores desses produtos com grande relevância na indústria.

Há mais de 10 anos no mercado, a Organização 3 é a mais antiga, bem como a mais representativa entidade do setor. A instituição está presente em mais de 1.300 municípios brasileiros e conta com mais de 4.000 pontos de coleta espalhados por todo o Brasil. A associação possui aproximadamente 15 funcionários distribuídos entre diferentes áreas de trabalho. A missão da entidade é de promover um ambiente que favoreça o gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos para que seus associados

adquiram ganhos de escala ao reduzir os custos operacionais e de transações, garantindo a destinação final ambientalmente adequada dos produtos eletrônicos pós-consumo e sua visão é de ser uma entidade modelo, autossustentável, reconhecida, admirada pelo seu trabalho efetivo e se tornar referência na destinação de eletroeletrônicos e eletrodomésticos no Brasil. O organograma da entidade pode ser observado através da Figura 16.

Figura 16 - Organograma da Organização 3

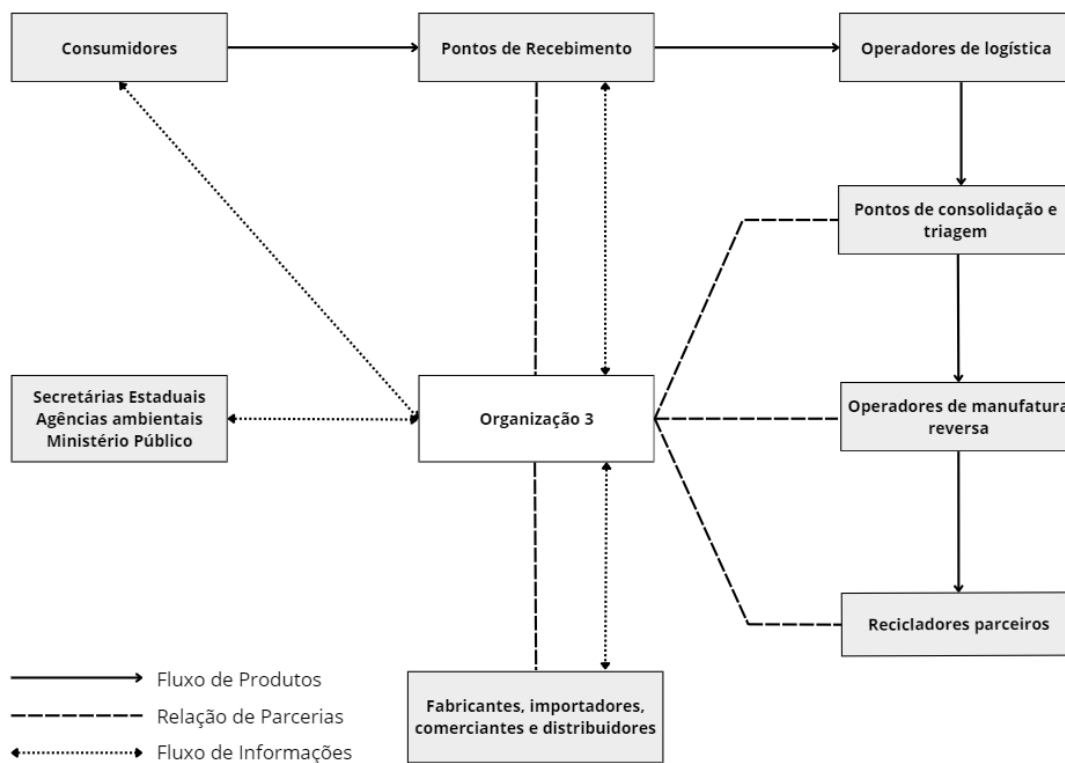


Fonte: Elaboração própria.

A operação da Organização 3 é baseada em implementar e operacionalizar todo o processo de logística reversa de resíduos eletroeletrônicos e seus componentes pós-consumo de uso doméstico, desde os pontos de recebimento até sua destinação final ambientalmente adequada, contribuindo assim para a preservação do meio ambiente. Para alcançar esses objetivos, a Organização 3 reúne os principais elos da cadeia produtiva de eletroeletrônicos e eletrodomésticos, contando com parceiros e prestadores de serviços habilitados e licenciados para o recebimento, transporte, armazenamento e destinação final desses produtos no final de sua vida útil, em conformidade com a legislação ambiental, destacando-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei Federal nº 12.305/2010) e o Decreto Federal nº 10.240/2020, que trata da implementação do sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico, assim como a Organização 1. Além disso, a instituição tem como objetivos tornar eficiente as informações geradas pelo sistema de logística reversa compartilhado por todos os atores do ecossistema, buscando a redução de custos operacionais/logísticos e a obtenção de economia de escala e disponibilizar informações sobre as operações e os custos, além de propor soluções inovadoras, eficientes e eficazes, buscando as melhores práticas para o

cumprimento da PNRS. Nesse sentido, o fluxograma de processos da instituição pode ser observado pela Figura 17.

Figura 17 - Fluxograma de processos da Organização 3



Fonte: Elaboração própria.

Em seu site, a Organização 3 disponibiliza um mecanismo para que as pessoas que desejam descartar seus resíduos encontrem pontos de recebimento próximos as suas residências. Através da ferramenta, é possível encontrar locais para o depósito de cerca de 180 tipos diferentes de produtos, como televisores, aparelhos celulares, fogões elétricos, churrasqueiras elétricas, circuladores de ar, entre outros.

A entidade possui um plano de comunicação bem delimitado para cada uma das partes envolvidas na cadeia de resíduos. Com relação aos consumidores, existe o objetivo de conscientizar e educar a população sobre o descarte correto de eletroeletrônicos e eletrodomésticos através de campanhas para educação ambiental. Para os fabricantes (mercado e associados) tem-se o objetivo de engajar os fabricantes para que apoiem e promovam as iniciativas da Organização 3, ajudando a garantir a gestão de resíduos sólidos pós-consumo e o cumprimento do Decreto Federal

10.240/2020. Com relação aos varejistas (mercado e associados) busca-se atrair e engajar o varejo para exercerem seu papel no ecossistema de reciclagem ao atuarem como ponto de recebimento pós-consumo. Para os parceiros (recicladores, cooperativas de catadores, pontos de recebimento) é desejado atrair mais parceiros, interessados no potencial que a reciclagem de produtos de grande porte oferece. E por fim, com relação aos formadores de opinião (gestores públicos), associações e gestores municipais, e lideranças de entidades, existe o objetivo de apresentar aos gestores dos municípios os benefícios que a Organização 3 pode oferecer ao viabilizar a gestão de resíduos sólidos pós-consumo.

Ainda assim, apesar da representatividade da entidade no setor e de seus esforços em ampliar os índices de resíduos eletroeletrônicos reciclados no Brasil, o Entrevistado 3 destaca em sua entrevista que ainda existem pontos de atenção na realidade brasileira quanto a reciclagem que impedem um o avanço significativo da atividade no país.

“A realidade brasileira em relação à gestão dos resíduos sólidos não está plenamente desenvolvida na maioria dos municípios do país, o que também dificulta o surgimento, desenvolvimento e manutenção de empresas privadas e cooperativas de catadores legalmente habilitadas para armazenar e tratar, principalmente os resíduos eletroeletrônicos, que têm suas especificidades”. (Entrevistado 3, Organização 3)

4.1.1.4. Organização 4

A Organização 4 é um ICT, Instituto de Ciência e Tecnologia, sendo uma organização sem fins lucrativos, credenciada pelo CATI (Comitê da Área de Tecnologia da Informação e Comunicação) do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e pelo CAPDA (Comitê das Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento na Amazônia) do Ministério da Economia.

A entidade trabalha com P&D e com a aplicação das tecnologias mais recentes disponíveis no Brasil e no mundo, desenvolvendo soluções inovadoras em hardware, software, inteligência artificial, indústria 4.0 e automação para clientes globais, além de acelerar e potencializar ideias de produtos desde a concepção até a comercialização.

Nesse sentido a instituição busca causar impacto dentro de um dos ecossistemas produtivos mais completos do mundo através de tecnologias inovadoras e antecipar soluções para as necessidades do mercado, empresas e pessoas.

“Em primeiro lugar, temos que ter a consciência de que dependemos da sociedade e do meio ambiente. Nos últimos anos, temos buscado desenvolver projetos que realmente tenham relevância para os nossos clientes. Buscamos ao mesmo tempo mesclar a melhoria do meio ambiente e sustentabilidade, mas também trazer compartilhamento de conhecimento à sociedade. Isso que o que nós chamamos de projetos relevante: utilizar inovação para trazer algo que realmente faça a diferença”. (Entrevistado 4, Organização 4).

Fundada em 2003, a Organização 4 possui cerca de 450 profissionais atuando nos projetos da instituição em três unidades espalhadas pelo Brasil, sendo duas em São Paulo, nas cidades de Sorocaba e Jaguariúna, e a terceira em Manaus, Amazonas. Todas as unidades trabalham de forma colaborativa com o compartilhamento de informações e recursos de maneira contínua. A instituição possui parcerias com mais de 18 universidades e centros de P&D nacionais e internacionais, possui mais de 50 projetos bem-sucedidos e de diferentes segmentos para cliente globais, além de proporcionado cerca de 200 milhões de reais em investimentos em P&D nos últimos 5 anos.

Os projetos contratados na Organização 4 podem ser custeados com verba de PPB (Processo Produtivo Básico), que representa uma série de requisitos que as empresas devem cumprir para obterem benefícios fiscais previstos na Lei da Informática, ou com investimentos de empresas que não disponham dos benefícios do PPB. Todo projeto desenvolvido pela Organização 4 precisa passar por três filtros, sendo o primeiro o impacto em competitividade, pois os clientes buscam a entidade pelo potencial competitivo que a instituição pode desenvolver através das suas tecnologias inovadoras. O segundo filtro é o de impacto social, que busca capacitar as pessoas do ecossistema e da sociedade. O terceiro ponto é o impacto ambiental, pois a entidade entende que nós, enquanto sociedade, dependemos do meio ambiente e por

esse motivo precisamos preservá-lo. Segundo o Entrevistado 4, a avaliação de projetos sob as três perspectivas apresentadas possibilita resultados mais positivos.

A Organização 4 atua com diversos centros de excelência (CoE) com o propósito de impulsionar a criação e adoção de novas ideias e tecnologias. Entre eles, a instituição possui um CoE em Economia Circular e Responsabilidade Social, da qual o Entrevistado 4 é o gerente responsável. Dentro do centro de excelência, são desenvolvidas soluções quanto ao design para a EC, usando ferramentas como análise do ciclo de vida para que a organização possa entender os impactos ambientais associados aos produtos, aos processos e as soluções. Assim, se torna possível que a entidade apoie os seus clientes nas tomadas de decisões para a substituição dos materiais, processos e modelos de negócios para que possam ser reduzidos os impactos ambientais. Os CoEs da organização podem ser observados através da Figura 18.

Figura 18 - CoEs da Organização 4



Fonte: Elaboração própria.

Em seu site, a Organização 4 apresenta a construção da prosperidade para o homem e o meio ambiente por intermédio da tecnologia, inovação e capacitação de pessoas, como a sua missão. Outrossim, sua visão tem como meta estar entre os líderes globais no desenvolvimento e aplicação de tecnologias em suas áreas de atuação.

A entidade faz parte de um grande ecossistema global de inovação tecnológica, sendo parceira da multinacional Flex - empresa com mais de 170 mil funcionários, que possui cerca de 120 fábricas em 30 países e atende clientes como HP e Cisco, auxiliando-os com a manufatura e colaborando com a cadeia de sustentabilidade. Além da parceira com a Flex, existe também uma colaboração com a Sinctronics, criada em 2012, como braço de inovação da Flex para o desenvolvimento tecnológico,

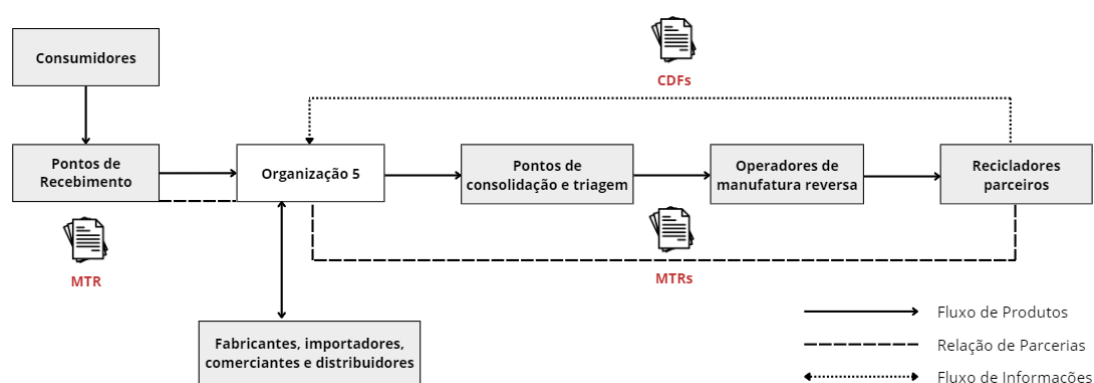
viabilizando a Economia Circular. Sendo assim, a Sinctronics é uma fornecedora de soluções para que a indústria de eletroeletrônicos possa reduzir o impacto ambiental de seus produtos no pós-consumo, ao mesmo tempo que gera mais riqueza para a economia e empregos para a sociedade.

4.1.2. Empresas

4.1.2.1. Organização 5

A Organização 5 é uma empresa que utiliza a logística reversa e o modelo de EC para efetuar suas atividades institucionais. Seu processo produtivo inclui a coleta dos REEE, desmontagem e descaracterização dos equipamentos para separação e processamento da resina plástica. No processo, a resina é separada por tipo e por cor, em seguida é limpa, moída, embalada e comercializada. Os demais itens, como papel ferroso e não ferroso, placas de circuito interno, são exportados para serem reciclados, pois somente o processo de separação desses itens é efetuado internamente, e segundo o entrevistado, no Brasil, não há empresa que consiga efetuar a recuperação dessas placas. A Figura 19 apresenta o fluxograma de processos da Organização 5.

Figura 19 - Fluxograma de processos da Organização 5



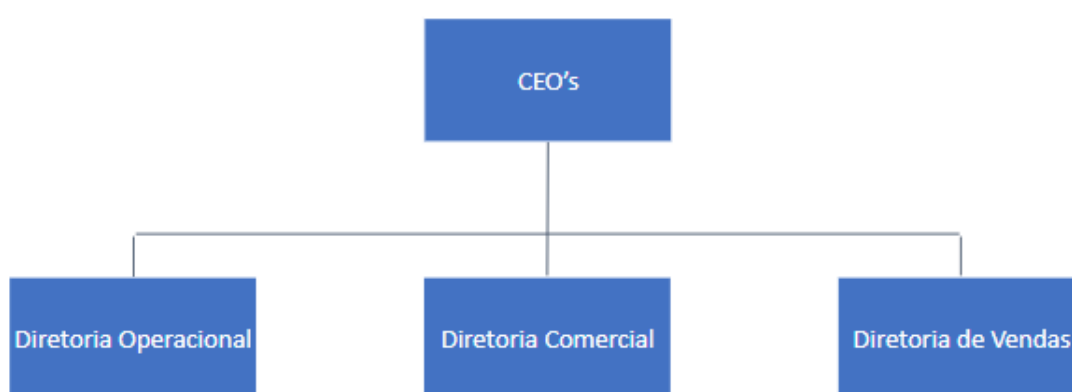
Fonte: Elaboração própria.

A instituição possui sua sede no interior de São Paulo, foi fundada em 2013 e atualmente possui aproximadamente 120 funcionários. Os produtos normalmente

coletados pela Organização 5 podem ser divididos em eletrônicos, eletrodomésticos, aparelhos celulares, de informática, telecomunicação e cartuchos de toners. A entidade atende as normas ISO 45001 que é um padrão da Organização Internacional do Trabalho para padronização de sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional, a ISO 14001 que fornece um conjunto de requisitos e diretrizes para o estabelecimento, implementação, manutenção e melhoria contínua de um sistema de gerenciamento ambiental efetivo, e por fim é licenciada pela CETESB, entidade do governo estadual de São Paulo relacionada a questões ambientais do distrito e pelo IBAMA que possui atuação em aspectos ambientais em níveis federais. Vale destacar que todo REEE coletado pela empresa é documentado e rastreado através de documentos como MTRs e CDFs, seguindo procedimentos rigorosos e atendendo as demandas dos órgãos reguladores, para garantir a manufatura reversa de forma assegurar que o material processado retornará a cadeia produtiva.

Atualmente, a empresa é composta por três sócios que administram três áreas: o diretor de operações, que coordena todo o processo operacional da empresa; o diretor financeiro, que cuida principalmente das vendas de commodities; e, por fim, o diretor comercial, que se encarrega da prospecção de novos clientes, novos parceiros e relacionamentos. A Figura 20 ilustra o organograma da organização.

Figura 20 - Organograma da Organização 5



Fonte: Elaboração própria.

Os produtos utilizados pela Organização 5 são coletados através dos PEVs das Organizações 1 e Organizações 3 e são transportados para a sede da empresa, onde passam pelo tratamento adequado, descaracterização, e reciclagem por meio do

sistema de manufatura reversa para elaboração das resinas plásticas. Além disso, a instituição também possui seus próprios PEVs, apesar de serem poucos. Vale destacar que a empresa também efetua a coleta de resíduos em empresas parceiras. O Entrevistado 5 destacou durante a entrevista que a sua instituição normalmente coleta um grande número de máquinas de cartão de crédito/débito e em seguida utiliza os produtos desses resíduos para elaborar novas máquinas de pagamentos com outras empresas parceiras. Nesse sentido, ambas empresas são beneficiadas, pois a empresa detentora das máquinas de cartão consegue efetuar uma destinação final adequada para os resíduos e a Organização 5 adquire insumos para suas operações.

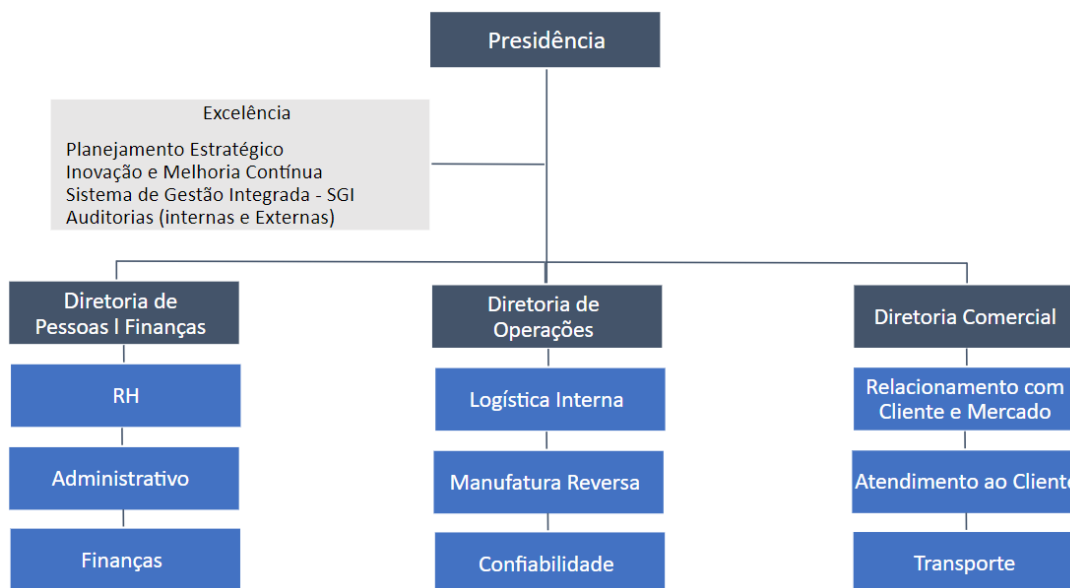
“Eu costumo dizer que o plástico não é o vilão da história, porque se todo cidadão descartasse a resina plástica de maneira efetiva e correta, ele não pararia no meio ambiente. Aqui nós fazemos com que a resina seja triturada e retorne ao mercado novamente, diminuindo as necessidades de extração de matérias primas para obtenção de plástico”. (Entrevistado 5, Organização 5)

4.1.2.2. Organização 6

A Organização 6 é uma empresa brasileira, localizada em São José dos Campos – São Paulo, com mais de 22 anos de experiência no mercado de logística reversa e reciclagem de produtos eletrônicos. A instituição foi pioneira no gerenciamento da logística de resíduos eletrônicos no Brasil e auxiliou as principais gestoras, os primeiros fabricantes e as operadoras de telefonia a implementarem os seus primeiros programas de logística reversa.

A instituição possui uma área ocupacional de 10.000m² e uma capacidade de processamento de 30.000 toneladas/ano. Além disso, possui 150 funcionários divididos entre as diretorias de pessoas e finanças, diretoria de operações e diretoria comercial. O Entrevistado 6 faz parte da diretoria comercial, sendo gerente de relações institucionais e novos negócios. O organograma da instituição pode ser observado na Figura 21.

Figura 21 - Organograma da Organização 6



Fonte: Elaboração própria.

No final do ano de 2023, a Organização 6 foi incorporada pelo Grupo Ambipar, empresa multinacional brasileira, fundada em 1995, líder em gestão ambiental, com presença em 40 países, 6 continentes e que possui mais de 600 unidades. A instituição possui mais de 20.000 colaboradores promovendo o desenvolvimento sustentável da economia e a melhoria contínua dos indicadores ESG (*Environmental, Social and Governance*) de seus clientes. A Ambipar Environment, ramo da empresa que atua em soluções ambientais sob os princípios da Economia Circular ao reincorporar os resíduos aos processos produtivos, reduzindo a utilização de recursos naturais e custos financeiros, oferece serviços como, gestão, coleta, transporte, valorização e coprocessamento de resíduos, logística e manufatura reversa, crédito de carbono.

A Organização 6 é especializada em realizar a gestão e triagem de produtos oriundos do retorno de garantias de fabricantes e peças que retornam de assistências técnicas, efetuando serviços para grandes e pequenas geradoras, além de recolher materiais encontrados em PEVs pelo Brasil. Assim, a empresa faz a gerência das solicitações de coleta, confirmação de recebimentos, análise física dos componentes recebidos e registro de evidências. Além disso, a empresa efetua internamente o controle de toda documentação necessária para movimentação de resíduos em qualquer região do país.

plásticos, sendo cada uma dessas matérias-primas direcionada para empresas especializadas em sua transformação". (Entrevistado 6, Organização 6)

Os resíduos gerados ao final dos processos de separação de materiais são encaminhados para empresas homologadas pela instituição, para que sejam introduzidos novamente na cadeia produtiva na forma de matéria prima reciclada. Vale destacar que a organização também efetua o gerenciamento da logística reversa de pilhas e baterias em parceria com a Organização 1.

“Efetuamos a coleta, transporte e armazenamento de diversos resíduos. Em nossa planta, nós temos tecnologias para fazer a descaracterização e separação automatizada dos resíduos eletroeletrônicos. Em seguida, nós encaminhamos os materiais para os recicladores que a gente homologa, e controlamos o processo por meio de um software, que nós desenvolvemos para garantir a rastreabilidade do processo de contato”. (Entrevistado 6, Organização 6)

A Organização 6 possui um sistema de gestão integrado através do certificados ISO14001 – referente ao sistema de Gestão Ambiental (SGA) e ISO45001 – referente ao Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Operacional (SGSO). Além disso, são licenciados pelos órgãos governamentais responsáveis como IBAMA, CETESB e possuem a Licença Municipal da Prefeitura de São José dos Campos. Ademais, são parceiras homologadas das Organizações 1 e Organizações 3. Nesse sentido, por serem licenciados pelos órgãos que regulamentam a logística reversa de REEE, a empresa possui a responsabilidade de emitir certificados de registro das coletas e transportes dos materiais. Assim, no momento de coleta são gerados os MTRs (Manifesto de Transporte de Registro), documentos de controle de descarte de resíduos, que tem como objetivo rastrear todo o caminho dos itens, desde sua geração até a chegada dos resíduos no destino final. Em seguida, os parceiros recicladores da Organização 6 recebem os resíduos, efetuam o processo da reciclagem e emitem para a entidade um documento intitulado CDF (Certificado de Destinação Final), que é o documento que assegura que os resíduos foram de fato destinados de modo ambientalmente adequado.

4.1.3. Governo Estadual

4.1.3.1. Organização 7

A Organização 7 é um órgão do Governo Estadual de São Paulo que busca controlar, fiscalizar, monitorar e licenciar atividades ambientais relacionadas à geração de poluição, com a preocupação fundamental de preservar e recuperar a qualidade das águas, do ar e do solo. Fundada em 1968, a entidade possui aproximadamente 1.800 funcionários que atuam em 46 agências distribuídas pelo estado.

Semanalmente, a entidade coleta e efetua avaliações das águas de praias e represas em laboratórios. Os índices da qualidade do ar são medidos a cada hora em estações da Organização 7 na região metropolitana, no interior e no litoral. Diariamente, são emitidos boletins com o resumo das condições da poluição atmosférica. Em relação à manutenção dos solos, são coletadas amostras de maneira periódica para avaliação de contaminantes em suas composições. Além disso, são fiscalizados aterros e lixões, e estudos são efetuados para recuperação de áreas contaminadas.

Para garantir a segurança dos moradores e visitantes das principais regiões do Estado, a Organização 7 mantém equipes preparadas para atender emergências químicas, acidentes rodoviários, vazamentos e derramamentos de combustíveis, incêndios e outras situações que coloquem em risco a população.

“Para conceder as licenças ambientais são efetuadas principalmente análises de risco e avaliações do menor impacto ao meio ambiente”.
(Entrevistada 7, Organização 7)

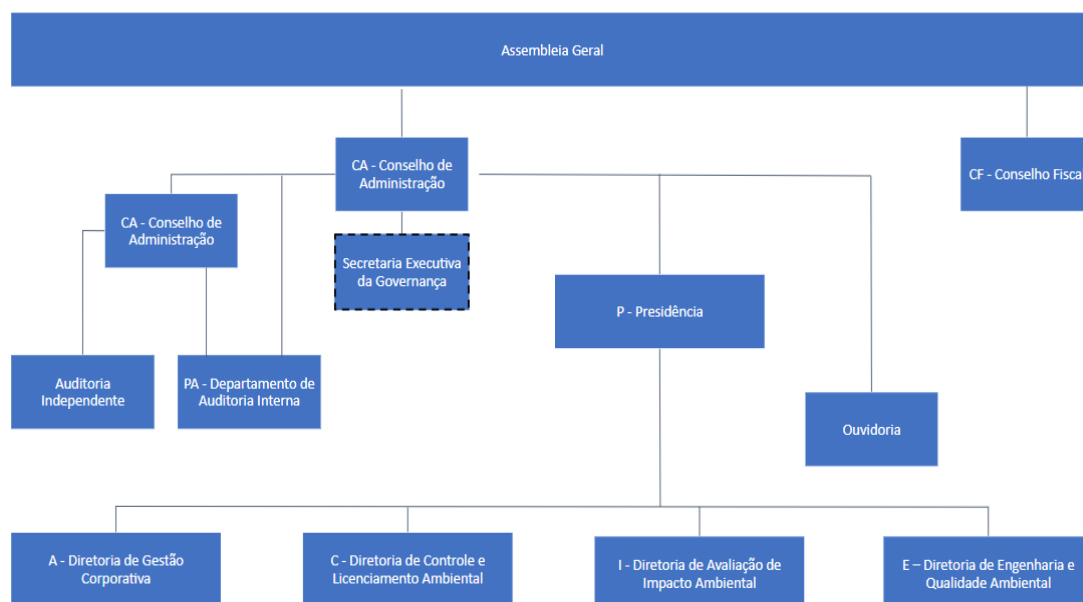
A Organização 7 efetua parcerias com a academia, empreendedores e órgãos públicos com o objetivo de trabalharem juntos na elaboração de modelos econômicos de desenvolvimento sustentável. Os trabalhos são realizados pelos laboratórios da própria entidade na sede e pelas unidades no interior e no litoral.

A logística reversa e a Economia Circular são temas importantes na instituição. Nesse sentido, a entidade participou da assinatura de diversos acordos que promovem

a coleta, reuso, reciclagem e destinação adequada de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em São Paulo. Entre os compromissos da entidade, pode-se citar, por exemplo, a assinatura do Acordo Setorial junto a fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, que prevê a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida de produtos eletroeletrônicos.

A diretoria executiva da Organização 7 é formada pelo diretor-presidente, diretora de gestão corporativa, diretor de controle e licenciamento ambiental, diretora de avaliação de impacto ambiental e diretora de engenharia e qualidade ambiental. O organograma resumido da entidade pode ser observado na Figura 23.

Figura 23 - Organograma da Organização 7



Fonte: Elaboração própria, adaptado do site da Organização 7.

A entrevista foi conduzida com uma engenheira da Divisão de Economia Verde e Logística Reversa da instituição, que se dedica ao gerenciamento de políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos. Em outras palavras, ela está envolvida na implementação da logística reversa no estado de São Paulo, o que inclui a assinatura de termos de compromisso, a elaboração e aplicação de regulamentações na intersecção entre logística reversa e licenciamento ambiental, e o desenvolvimento de sistemas para o gerenciamento e monitoramento dos fluxos de resíduos sólidos, especialmente os provenientes da construção civil.

“No Brasil, a gestão de resíduos em geral ainda é amplamente defasada. Um exemplo disso é a situação dos aterros sanitários, onde, embora os espaços adequados para a atividade sejam escassos, ainda existem alguns em operação, assim como os lixões. Além disso, a conscientização da população sobre o descarte adequado é um desafio significativo, pois muitas pessoas ainda descartam resíduos de forma inadequada, sem considerar as consequências ambientais. O engajamento de algumas empresas na implementação da logística reversa ainda é insuficiente. No entanto, há sinais de progresso, com indicadores que mostram melhorias e existe a perspectiva de aumentarem ainda mais, impulsionadas pelas metas estabelecidas no Acordo Setorial e pelo Decreto 10.240, entre outros instrumentos regulatórios”.
(Entrevistada 7, Organização 7)

4.1.4. Especialista

4.1.4.1. Entrevistado 8

O Entrevistado 8 é um Engenheiro Mecânico formado pela Escola Politécnica da USP, com mestrado em Energia e doutorado em Ciências Ambientais também pela escola. Efetuou uma especialização em resíduos sólidos na Espanha, na Universidade Politécnica de Catalunha, no final da década de noventa e trabalha a 25 anos com questões ambientais no Brasil relacionados a prevenção à poluição, reciclagem de resíduos e eficiência energética, produção mais limpa, abasão do ciclo de vida, e Economia Circular.

O entrevistado foi colaborador da Organização 7 durante 20 anos, sendo que, durante 10 anos, foi gerente da Divisão de Produção Mais Limpa de Setores Empresariais e da Divisão de Sustentabilidade e Questões Globais, e passou os outros 10 anos implementando a logística reversa no estado de São Paulo como gerente do Departamento de Políticas Públicas de Resíduos Sólidos e Eficiência dos Recursos Naturais. Recentemente, ele se desligou da Organização 7 e passou a atuar como professor na Universidade Católica de Santos, na FIA, na PUC, está elaborando um MBA em Economia Circular na Fundação Escola de Sociologia e Política (FESP) e trabalha como consultor para governos e empresas. Além disso, no ano de 2023,

passou a atuar como Conselheiro na CONDESB (Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Baixada Santista).

Nesse sentido, pode-se perceber que o Entrevistado 8 possui amplo conhecimento sobre o assunto e que participou ativamente em diversas iniciativas do Governo e com empresas quanto a implementação da Economia Circular, logística reversa e regulamentações ambientais no Brasil.

“Classifico a situação atual da reciclagem no Brasil como melhor do que já foi, mas ainda longe do ideal. Eu sou um otimista, talvez por ter trabalhado 20 anos implementando políticas públicas; sei o desafio que é seguir adiante. Sou otimista porque conseguimos realizar uma série de coisas que, há 5 anos, eram impensáveis. E, não obstante, o caminho é muito longo. Se fizermos comparações, principalmente com países europeus, que são sempre nossa referência para a logística reversa e que operam há 30 anos nesse tema, veremos que os sistemas brasileiros, embora a lei tenha mais de 10 anos, começaram de fato a ser implementados aqui em 2015 e 2016, como primeiros protótipos. A regulamentação só foi efetivamente implementada com decretos mais recentes. Portanto, na minha opinião, temos um resultado que considero até melhor do que o previsto, dadas as dificuldades que encontramos no Brasil.”. (Entrevistado 8)

4.2. Quadro comparativo de processos de gerenciamento de resíduos

Com base na pesquisa teórica, nas entrevistas elaboradas e na pesquisa secundária, foi elaborado um quadro comparativo dos processos de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos mais relevantes em sete países ou regiões do globo. A Tabela 8 apresenta os processos de gerenciamento, além de uma breve explicação sobre cada processo, referências utilizadas para a escolha de cada metodologia, os países e regiões utilizados para estudo, quais abordagens cada local utiliza e a quantidade de resíduos que foram gerados e reciclados no ano de 2022 nas respectivas nações. Nesse sentido, pode-se perceber através do quadro, por exemplo, que o Brasil apresenta os menos índices de reciclagem de REEE se comparado as outras nações.

Além disso, pode-se perceber que a União Europeia, China e Estados Unidos são os países com maiores índices de reciclagem.

Tabela 8 - Quadro Comparativo - Versão Final

Processos de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos		Detalhamento dos processos	Referências	Brasil	União Europeia	China	Estados Unidos	Índia	Japão	Reino Unido
1	Desmontagem	Desmontagem manual	Lee et al. (2018)	X	X	X	X	X	X	X
2	Trituração	Trituração de materiais	Ongondo et al. (2011)	X	X	X	X	X	X	X
3	Segregação	Separação dos resíduos	Ghosh et al. (2016)	X	X	X	X	X	X	X
4	Aterros sanitários	Local de decomposição	Kahhat et al. (2008)	X	X	X	X	X	X	X
5	Incineração	Queima de resíduos	Lee et al. (2018)	X	X	X	X	X	X	X
6	Reciclagem ampla	Reciclagem ampla dos componentes	Lee et al. (2018)	(+/-)	X	X	X	(+/-)	X	X
7	Reciclagem específica	Reciclagem de componentes específicos	Islam et al. (2020)	X	X	X	X	X	X	X
8	Separação química	Segregação de substâncias químicas	Lee et al. (2018)	(+/-)	X	(+/-)	X	(+/-)	X	X
9	Separação física	Segregação de componentes	Islam et al. (2020)	X	X	X	X	X	X	X
10	Separação mecânica	Segregação dos componentes mecânicos	Lee et al. (2018)	X	X	X	X	X	X	X
11	Reciclagem informal	Catadores e cooperativas irregulares	Ghosh et al. (2016)	X	X	X	X	X	X	X
12	Prevenção e redução de resíduos	Políticas para diminuição dos resíduos	Ongondo et al. (2011)	X	X	X	X	X	X	X
13	Redesenho de produtos	Modificação de produtos	Ghosh et al. (2016)	(+/-)	X	X	X	(+/-)	X	X
14	Coleta especializada	Especialização em coleta	Ghosh et al. (2016)	(+/-)	X	(+/-)	X	X	(+/-)	(+/-)
15	Transporte especializado	Especialização em transporte	Kahhat et al. (2008)	(+/-)	X	(+/-)	X	X	(+/-)	(+/-)
16	Recuperação de metais preciosos	Recuperação itens	Ghosh et al. (2016)	X	X	X	X	X	X	X
17	Tratamento de metais preciosos	Refino de materiais obtidos pela reciclagem	Ghosh et al. (2016)	(+/-)	X	(+/-)	X	(+/-)	(+/-)	(+/-)
18	Reutilização de produtos	Reaproveitamento	Ghosh et al. (2016)	X	X	X	X	X	X	X
Quantidade de resíduos gerados (kt) – 2022				2.443	14.000	12.066	7.188	4.137	2.638	1.652
Quantidade de resíduos reciclados (kt) – 2022				77	5.600	1.951	4.052	59	613	501

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Islam et al. (2020); Forti et al. (2020).

O quadro busca comparar as abordagens utilizadas no Brasil com as medidas adotadas em diferentes nações, de forma a identificar o que poderia ser adotado no território brasileiro para aumentar o número de resíduos coletados, documentados e reciclados, buscando intensificar as ações circulares no país. Vale ressaltar que a Tabela 8 sofreu alterações e melhorias com base nos conhecimentos adquiridos com o trabalho.

Nesse sentido, a partir da elaboração do quadro comparativo e do detalhamento dos resultados obtidos com a pesquisa, será possível efetuar comparações, análises e recomendações quanto a práticas circulares que poderiam ser aprimoradas, anexadas ou removidas do processo de gerenciamento de resíduos no Brasil.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O presente capítulo propõe a discussão dos dados coletados durante a condução das entrevistas, expondo os desafios enfrentados na reciclagem de resíduos eletroeletrônicos e as visões de diferentes stakeholders da indústria quanto a diversos pontos relevantes da cadeia de gestão de resíduos. Através da análise, será possível relacionar os pontos levantados com temas relevantes encontrados no Capítulo 2 – Revisão da Literatura. Além disso, a apresentação dos resultados analisados será feita com base no roteiro de entrevistas pré-estabelecido, encontrado no Apêndice A. O roteiro teve sete blocos, sendo um mais geral, retratando o cenário atual dos resíduos eletroeletrônicos, e os demais apresentando regulamentações e políticas, questões econômicas, conscientização pública, barreiras e obstáculos, experiências e parcerias internacionais e soluções potenciais.

5.1. Organizações sem fins lucrativos

As Organizações sem fins lucrativos entendem que a situação atual da reciclagem de resíduos sólidos no Brasil ainda não está plenamente desenvolvida. Nesse sentido, apesar dos grandes desafios existentes e que ainda devem ser superados, os primeiros passos para atingir melhores níveis de reciclagem já foram iniciados através da assinatura do Acordo Setorial e do estabelecimento de metas específicas de reciclagem no setor.

Com relação aos desafios enfrentados pela indústria, foram citados a vasta extensão territorial do país que impacta financeiramente a cadeia devido os consideráveis deslocamentos de resíduos, a ausência da cultura do descarte correto pela população e a falta de fiscalização adequada da indústria quanto as contribuições para a Economia Circular do setor.

Sobre regulamentações e políticas foram citados aspectos documentais, pois não existe uma especificação de modelo de homologação dos resíduos coletados, transportados e rastreados. A Entrevistada 2 informa que cada gestora direcionada para reciclagem desses resíduos efetua a homologação de uma maneira diferente, e assim, uma padronização deveria ser imposta pela Política Nacional De Resíduos Sólidos.

Um segundo gargalo citado foi a necessidade de criar medidas para evidenciar como a indústria está praticando o que a política prevê e se responsa pelos seus atos e bens. Nesse sentido, deve-se então criar parâmetros de análise para comprovação do cumprimento de leis e metas.

Com relação a fatores econômicos, os que mais afetam a reciclagem, segundo a Entrevistada 2, são a desvalorização dos resíduos e os custos documentais. Segundo ela, o custo de manter todos os impostos, documentos e seguir o pacote de regularidade é alto, além disso, obter uma certificação ISO também possui altos custos. Por fim, a estrutura de EPIs necessárias para o tratamento de resíduos também exige um alto investimento em capital, diferentemente das associações de catadores que não possuem os equipamentos corretos para o manuseio dos resíduos.

Os Entrevistados 1 e 3 citaram a necessidade da existência de equipamentos modernos, que em muitos casos são importados, para o processo de descaracterização e separação de componentes em larga escala. Tais maquinários podem não ser acessíveis a maioria das empresas que efetuam a descaracterização de resíduos e assim podem afetar a quantidade de itens devidamente direcionados a reciclagem.

O Entrevistado 4 evidencia a influência que o mercado informal possui no setor, além de exibir a necessidade da criação de regulamentações e aprimoramentos do mercado de reciclagem no Brasil devido a atuação de atravessadores que exploram a oferta de matéria prima para empresas.

“Atualmente, no que diz respeito a questões econômicas, é amplamente reconhecido que o mercado de reciclagem é um mercado predatório, operando assim há muito tempo. Historicamente, esse mercado tem sido dominado pela informalidade, com cerca de 90% do material reciclado no Brasil sendo processado por cooperativas e catadores ao longo de décadas. Este setor é extremamente vulnerável e explorado, sofrendo por muito tempo com desorganização. Essa realidade tem impactado significativamente a infraestrutura nacional de reciclagem, que ainda não é robusta em todos os aspectos. Embora alguns setores, como o de aço e metal, exemplificado pela Gerdau, tenham uma estratégia consolidada nesse sentido, outros como o de embalagens ainda estão distantes do necessário avanço. A informalidade nesse setor propicia a atuação de atravessadores que exploram a oferta de matéria-prima de forma predatória. Esses intermediários, cientes da crescente demanda das empresas por matéria-prima reciclada, seguram os preços,

resultando em valores elevados para os compradores. Diante desse cenário, é evidente a necessidade de regulamentação e aprimoramento desse mercado no Brasil.” (Entrevistado 4, Organização 4).

As instituições possuem visões semelhantes quanto a conscientização da população sobre o tema. Para as organizações, a preocupação da sociedade ainda é muito baixa e tímida, o que afeta consideravelmente os níveis de reciclagem no país. Segundo a Organização 3, esforços significativos foram realizados nos últimos anos para educar a população sobre os impactos ambientais e os benefícios da reciclagem no setor de eletroeletrônicos e eletrodomésticos. Iniciativas desenvolvidas pelas Organizações 1 e 3 e programas de conscientização, como os desenvolvido pela Organização 2 têm contribuído para aumentar a compreensão dos cidadãos acerca da necessidade de descartar dispositivos eletroeletrônicos e eletrodomésticos de maneira apropriada. Porém, o desafio persiste em transformar essa conscientização em ações concretas. Segundo a Organização 3, o nível de consciência pública desempenha um papel crucial na quantidade de dispositivos descartados inadequadamente. Assim, espera-se que, à medida que a conscientização aumente, mais indivíduos optem por métodos de descarte responsáveis, como a entrega em pontos de recebimento específicos.

“As pessoas possuem a tendência de sair de casa para fazer compras, seja indo ao shopping ou ao supermercado em busca de algo novo. Essa atividade é frequentemente associada a uma sensação de alegria e celebração. No entanto, o descarte desses itens se torna um fardo, exigindo esforço para encontrarmos locais apropriados para descartá-los. Nesse contexto, a indústria assumiu a responsabilidade de disponibilizar pontos de entrega voluntária em lugares acessíveis, visando incentivar o retorno desses materiais. Mesmo assim, muitas pessoas ainda têm dificuldade em compreender sua responsabilidade nesse processo, não percebendo claramente que o consumidor também é parte integrante desse ciclo responsável.” (Entrevistada 2, Organização 2)

O Entrevistado 4 reforça que a população desconhece a existência de programas destinados a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos e discute o impacto

que o desconhecimento da responsabilidade da população causa na cadeia como um todo. Foi discutido também o impacto que atravessadores podem causar no sistema.

“O desconhecimento por parte das pessoas sobre os termos, programas e seu papel dentro desse processo afeta diretamente o conjunto, pois, quando o principal player da cadeia não compreende sua função e como agir, impactos significativos podem ser gerados. Mesmo que uma marca estabeleça estratégias, programas e metas, não adianta se o elemento central não cumpre seu papel de direcionar corretamente. Além disso, há outras barreiras, como os atravessadores, que podem prejudicar a eficiência dos programas ao roubar equipamentos em pontos de coleta para revender peças em outros mercados, impactando negativamente a operação. Esses desafios destacam a complexidade e a necessidade de soluções abrangentes para garantir o sucesso desses programas”. (Entrevistado 4, Organização 4)

“Imagine que o governo exige que você implemente um ponto de coleta para realizar a logística reversa e reciclagem. Para isso, você precisa obter licenciamento ambiental, possuir instalações adequadas para sua atividade e emitir toda a documentação necessária. Após estruturar tudo, você instala o ponto de coleta e começa a receber itens como impressoras, computadores e celulares. No entanto, surge um atravessador que danifica o coletor e rouba os equipamentos para vender como ferro velho ou desmontá-los para venda de peças em assistências técnicas, prejudicando o sistema como um todo. Atividades como essa evidenciam os desafios enfrentados em um país como o nosso, que ainda está em desenvolvimento e possui pessoas em situações de vulnerabilidade. Nesse contexto, percebemos que parte do problema está relacionada às deficiências estruturais do país, enquanto outra parte está ligada a uma parcela da população que acaba comprometendo a cadeia”. (Entrevistado 4, Organização 4)

Com relação a barreiras e obstáculos enfrentados pelo setor, foram citados a falta de padronização de fabricação de produtos, principalmente para os itens que são importados para o Brasil, pois existem características na composição desses produtos que não são trabalhadas pela cadeia de reciclagem brasileira. Nesse sentido, segundo a Entrevistada 2, cria-se a necessidade de efetuar redesenhos em produtos e permitir a fabricação e entrada de equipamentos que possam ser tratados e reutilizados no Brasil

sem precisar exportar resíduos mais complexos de serem reciclados, como os circuitos eletrônicos.

“Atualmente, enfrentamos uma forte barreira tecnológica devido à falta de consideração dos produtores em relação à reciclagem de produtos. Muitas vezes, esses produtores incorporam diversos tipos de materiais em um único produto, como diferentes tipos de plásticos, juntamente com contaminantes e tintas, dificultando a viabilidade econômica da reciclagem quando o produto chega ao final de sua vida útil. Isso requer múltiplas etapas para recuperar os materiais, tornando o processo de reciclagem complexo e oneroso, pois muitas vezes é necessário passar por vários recicladores diferentes. Por exemplo, ao entrar em um hipermercado como o Carrefour, você encontra produtos organizados por corredores, cada um contendo uma variedade de materiais e produtos, com diferentes especificidades. Na nossa cultura, é comum separar os resíduos apenas entre diferentes tipos como orgânicos ou recicláveis, mas isso não leva em consideração a ampla variedade que existe dentro dessas categorias e isso não resolve completamente o problema na ponta da reciclagem. Existem falhas estruturais desde a concepção dos produtos, e é necessário adotar uma abordagem de design modular que facilite a incorporação de matéria-prima reciclada e a reciclagem eficiente ao final da vida útil do produto”.
(Entrevistado 4, Organização 4)

Com relação a práticas e experiências internacionais, foram citados exemplos de países que possuem uma boa gestão dos resíduos eletroeletrônicos. Países como Alemanha e Japão foram citados devido a existência de programas em que o consumidor paga uma quantia para efetuar a reciclagem de seus resíduos, seja orgânico ou eletrônico na Alemanha, evitando que os resíduos sejam descartados nas ruas. Além disso, o país conta com indústrias que efetuam a reciclagem integral dos componentes dos equipamentos elétricos e eletrônicos. O Japão recebeu destaque devido ao seu nível de educação da população, porque apesar do país ser um dos maiores produtores de eletroeletrônicos também são grandes recicladores de eletroeletrônicos. Nesse sentido, grande parte do que é produzido e consumido no país é coletado e reciclado.

Para o Entrevistado 4 países que possuem sistemas eficientes quanto a gestão de resíduos eletroeletrônicos possuem uma infraestrutura bem estabelecida e altos

níveis de conscientização e educação da população, além de outros mecanismos bem definidos para viabilizar o sistema.

“A maioria dos países desenvolvidos possui sistemas eficientes de gestão de resíduos. Isso se deve à sua infraestrutura bem estabelecida, à conscientização e educação sólidas da população, e a outros mecanismos bem definidos para viabilizar essas ações. Países como Japão, Alemanha, Finlândia e Holanda são referências em logística reversa e reciclagem devido a esses fatores. Além disso, eles têm territórios menores, o que facilita a organização e implementação desses sistemas. No caso do Japão, por exemplo, a gestão de resíduos de alta tecnologia é cultural, e funciona dessa forma atualmente, por uma questão de sobrevivência, em que ou a população tratava o lixo, ou não haveria lugares para se morar”. (Entrevistado 4, Organização 4)

Para os entrevistados, as maneiras de impulsionar os níveis de conscientização seriam implementar políticas públicas para ensinar a população quanto ao descarte correto dos resíduos, continuar desenvolvendo campanhas e programas educacionais para que com o tempo, a conscientização da população melhore. Nesse sentido, segundo o Entrevistado 4, apesar do conhecimento sobre o tema estar aumentando, a atuação dos componentes da cadeia deve continuar acontecendo ao mesmo tempo em que efetuam as atividades de reciclagem e geram trabalhos educacionais. Segundo ele, a educação básica em todos os níveis deve ganhar relevância, para que crianças cresçam aprendendo em suas escolas sobre Economia Circular, jovens estudem em faculdades sobre a logística reversa e reciclagem em cursos de ensino superior como o de engenharia, e adultos aprendam sobre os diferentes produtos que podem ser reciclados e as localidades para descarte correto dos equipamentos.

Por fim, tratando sobre políticas e medidas adicionais que poderiam ser implementadas no Brasil, o Entrevistado 4 apresenta a ideia da criação de uma Políticas Nacional de Economia Circular.

“A política nacional de resíduos sólidos busca resolver os problemas da cadeia, mas não aborda as suas causas básicas. Por isso, penso que a criação de uma política nacional de Economia Circular nos ajudaria a transacionar os modelos de negócios, para que as empresas possam entender e redesenhar os seus produtos e processos, e a partir disso, receberem também incentivos. No Brasil, muitas vezes existe essa política da penalização. Assim, aqueles que fazem algo errado, são penalizados. Mas, nesse caso, quem geralmente está sendo penalizado são as empresas que seguem as políticas, leis e metas. Existem vários profissionais informais fazendo coisas erradas na cadeia e não sendo penalizados. Entendo que devíamos parar com essa questão de penalização e iniciar uma de incentivo, para que as empresas que possuem políticas bem estabelecidas de Economia Circular, trabalham no desing, incorporam matéria prima reciclada, possuem alto índice de reciclabilidade em seus produtos, que não geram resíduos, que não os enviam para aterros e que possuem produção nacional sejam incentivadas. Assim, as empresas poderão enxergar essas práticas como oportunidade ao invés de uma obrigação. Nesse sentido, elas serão mais competitivas e terão seus produtos melhores avaliados”. (Entrevistado 4, Organização 4)

5.2. Empresas

A visão das companhias privadas sobre a situação atual da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil foi definida como desafiadora, pois entende-se que existe uma falta de regulamentação na indústria, uma vez que existem muitas empresas pequenas ou operadores informais atuando de forma inadequada, em termos de saúde dos colaboradores ao efetuar as tarefas das organizações ou em veracidade e legitimidade das atividades. Além disso, segundo o Entrevistado 5, essas atividades têm contaminado todo o sistema não concluindo suas atividades ou concluindo pela metade. Os resultados entregues são computados como meta a preços infinitamente menores, o que faz com que as gestoras ou fabricantes individualmente entendam que o custo para a logística reversa é baixo. Assim, operadores informais e empresas não regulamentadas acabam efetuando os processos por custos 80% menores do valor real das operações. Nesse sentido, o Entrevistado 6 entende haver a necessidade de efetuar

uma melhor formalização da cadeia de reciclagem. Ademais, o Entrevistado 5 destacou a extensão territorial do Brasil e a conscientização da população como desafios no país.

Com relação a políticas e regulamentações, os entrevistados afirmam a necessidade de haver uma regulamentação mais adequada ao gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos.

“Entendo que deveria existir primeiro uma regra de quem pode realmente desmontar esse equipamento. Uma empresa em uma garagem ou uma cooperativa sem licença não devia fazer a desmontagem de um resíduo que tem potencial de ser perigoso. Essa empresa poderia efetuar a coleta e consolidação, mas a manufatura reversa não. Falta clareza na elaboração das dessas regras”. (Entrevistado 6, Organização 6)

Além disso, regulamentações aprimoradas poderiam atuar de forma a regularizar os valores reportados em peso de resíduos reciclados. Segundo o Entrevistado 6, muito peso duplicado é reportado em sistemas e até mesmo materiais reciclados que não são provenientes de resíduos eletroeletrônicos estão sendo contabilizados como peso de eletroeletrônico para alcançar metas, por parte de instituições. Nesse sentido, a formalização desses estágios e implementação de entraves para empresas de manufatura reversa poderá auxiliar na elaboração de dados mais precisos quanto a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. Por fim, foi citado que as metas da Política Nacional de Resíduos Sólidos e do Acordo Setorial deviam ser revistas, pois as metas estabelecidas atualmente se referem a coleta de resíduos, o que estimula o descarte e a troca rápida de produtos para poder cumprir a meta. Assim, caso as políticas sofressem ajustes para implementar estratégias ligadas a demandas por material reciclado, como a utilização desse material, seria vantajoso a longo prazo.

Com relação a aspectos econômicos, os entrevistados informaram que o custo logístico para manufatura reversa no Brasil é alto devido à alta extensão territorial do país e novamente a regularização do sistema, pois ao abrir uma empresa sem instalação adequada e operando no limite da legalidade, é possível comprar sucata de fornecedores não homologados ou participar de leilões de eletroeletrônicos, o que reduz os custos para adquirir matérias primas. Além disso, devido a ilegalidade das

operações, não se mostra necessário registrar colaboradores em âmbitos empresariais legais ou pode-se decidir sobre emitir ou não notas fiscais sobre os produtos reciclados. Essas práticas possibilitam aos profissionais irregulares lucros com margens maiores se comparado as empresas que atuam na regularizada com licenças e licitações. Essa prática possibilita com que recicladores menores e irregulares adquiram valor de mercado e compitam com os recicladores homologados.

“O interesse na informalidade é principalmente econômico. Quando alguém já está atuando de forma informal e passa a receber pagamento sem mudar nada em sua operação, surge a pergunta: por que mudar? Por que regularizar e emitir notas se estou ganhando mais ao continuar do mesmo jeito? Portanto, essa decisão é motivada principalmente por razões econômicas”. (Entrevistado 6, Organização 6)

Com relação a conscientização pública, ambos os entrevistados entendem que os indicadores de reciclagem do Brasil estão ligados ao nível de conhecimento da sociedade sobre o tema. Para o Entrevistado 6, os agentes da cadeia de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos devem elaborar e aprimorar cada vez mais seus planos de comunicação para a sociedade. Segundo ele, a implementação de disciplinas em escolas sobre Economia Circular e logística reversa seriam benéficas para estimular os jovens a crescerem com os ideais de sustentabilidade e criarem essa consciência ambiental a longo prazo. Além disso, os fabricantes também possuem a obrigatoriedade de efetuar a conscientização educacional ambiental dos consumidores. Nesse sentido, o Entrevistado 6 reforça a necessidade da formalização de legislações quanto ao cumprimento da logística reversa, para que ocorra a exigência de empresas elaborarem planos de comunicação eficazes.

Segundo o Entrevistado 5, deve-se educar a população quanto ao descarte pois muitas pessoas possuem um apego emocional aos objetos que deviam ser descartados. Esse sentimento gera um acúmulo de resíduos devido ao receio de outras pessoas recolherem seus itens nos pontos de entrega voluntária e utilizarem em seu benefício. Ademais, existe também o receio de pessoas que devem fazer o descarte de equipamentos obsoletos, de terem suas informações pessoais divulgadas, através de aparelhos celulares e notebooks, por exemplo. O entrevistado destaca a importância de instruir a população sobre a destinação dos produtos para esclarecer a importância

do descarte correto e esclarecer todas as etapas do gerenciamento de resíduos, para que os consumidores entendem com clareza como o processo será efetuado.

Com relação a barreiras e obstáculos no setor, foram citados tópicos relacionados ao *redesign* de produtos em busca de proporcionar uma reciclagem mais abrangente no país, evitando assim que componentes dos resíduos eletroeletrônicos sejam exportados para reciclagem fora do país.

“Os fabricantes precisam focar cada vez mais no redesenho dos produtos, buscando criar produtos que permitam uma reciclagem total”. (Entrevistado 5, Organização 5)

Para práticas e experiências internacionais, foram citados principalmente os países da Europa como exemplos para a gestão de resíduos eletroeletrônicos. Segundo os entrevistados, as diretrizes sobre manufatura reversa já existem a mais de 30 anos nessa região, o que naturalmente promove uma evolução maior se comparado ao Brasil, devido a recente implementação e incorporação de legislações acerca do tema. Países como Alemanha, Noruega e Japão foram citados. Segundo o entrevistado, a Alemanha possui máquinas e soluções inovadoras quanto a gestão de resíduos. Nesse sentido, algumas máquinas utilizadas na fábrica da Organização 6 são originárias do território alemão. Com relação ao Japão, foi citado principalmente a conscientização da população, pois mesmo que o governo do país aplique uma forte cobrança para que a sociedade efetue a destinação adequada dos resíduos, a própria população participa ativamente das atividades.

Os entrevistados destacam que seria difícil para o Brasil se inspirar totalmente em medidas aplicadas nesses países pois as dimensões analisadas são bem diferentes. A extensão territorial do Brasil é significativamente maior do que se comparado aos países ao leste do globo. Além disso, as populações e culturas também são bem diferentes, o que influenciaria a adaptabilidade de possíveis soluções aplicadas nessas regiões ao Brasil. Porém, existe a possibilidade de estudo para implementação e adaptação de soluções para o nosso país. O Entrevistado 6 exemplifica que no Japão existe um cadastro prévio das empresas que são habilitadas para efetuar a logística reversa, por parte do órgão ambiental, promovendo maior visibilidade as empresas que atuam na regularidade das políticas e leis da indústria. Um exemplo de solução que o

Entrevistado 6 não enxerga aplicabilidade no país, pelo menos durante os próximos anos, seria outra medida aplicada no Japão, em que os consumidores pagam um boleto pela utilização de um ponto de entrega voluntária e direciona pessoalmente os resíduos para uma estação. Por fim, outro exemplo de medidas passível de inspiração pelo Brasil, é a existência de um sistema de *cashback* em que há um imposto embutido no momento do descarte de resíduos eletroeletrônicos. O valor arrecadado é direcionado para as entidades gestoras para financiar o sistema e suas atividades na gestão dos produtos descartados.

Com relação a medidas e políticas adicionais, foram citadas a necessidade de uma maior atuação dos varejistas da indústria com relação a regulação da cadeia de resíduos eletroeletrônicos e a inclusão nas políticas governamentais e Acordos Setoriais de classificações mais generalistas de resíduos eletroeletrônicos nas metas estipuladas, e não somente a nomenclatura de resíduos de uso doméstico.

“Os varejistas são integrantes da cadeia e acredito que podem auxiliar na fiscalização do setor. Reconheço que os órgãos ambientais nos níveis municipais, estaduais e federais não possuem capacidade para fiscalizar todos os participantes da indústria. No entanto, imagine a situação em que o varejo assume a responsabilidade pelos produtos que vende em suas lojas. Uma das condições impostas aos fabricantes ou importadores para venderem nesses estabelecimentos é cumprir a legislação de logística reversa. Dessa forma, se o varejo passa a exigir do importador ou fabricante que cumpra a logística reversa para ter seus produtos vendidos em suas lojas, isso se torna mais eficaz do que qualquer ação realizada por órgãos federais, estaduais ou municipais”. (Entrevistado 6, Organização 6)

5.3. Governo Estadual

A Entrevistada 7 acredita que a situação atual da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil evoluiu consideravelmente nos últimos 5 anos. Segundo ela, a logística reversa de produtos pós consumo ganhou destaque através do aprimoramento de regulamentações, como a assinatura do Acordo Setorial em 2019 e pelo surgimento do decreto federal 10.240, de 2020, que define regras e metas para a logística reversa de produtos para o uso domiciliar. As regulamentações aplicadas no Brasil foram firmadas até o ano de 2025 e impuseram metas crescentes de coleta de

aparelhos eletroeletrônicos. Além disso, vale destacar que há expectativas em uma renovação do acordo, com metas mais ambiciosas ao final de seu período de vigência.

“A logística reversa de resíduos pós consumo evoluiu muito devido as metas quantitativas. Em 2022, foram coletados e destinados adequadamente 3% dos resíduos inseridos no mercado. Em 2023, o número evolui para 6%. Se você comparar esses valores com as metas existentes na legislação europeia, como exemplo, a diretiva WI, que é a diretiva que fala dos eletroeletrônicos no continente ou até os percentuais do Japão, nós temos percentuais infinitamente menores. Mas, considerando que nós possuíamos zero indicadores para esses fins, já temos uma perspectiva de melhora. Além disso, a nossa perspectiva é de melhorar cada vez mais para os próximos anos, porque essas metas são crescentes” (Entrevistado 7, Organização 7)

Com relação aos eletrônicos de uso industrial, a Entrevistada 7 informa que apesar de não possuir muitos dados, entende-se que o ciclo é bem regulamentado devido a existência de contratos de logística reversa, locação e garantias. Nesse sentido, a Organização 7 orienta as empresas a estabelecerem as cláusulas pertinentes aos eletroeletrônicos negociados em contratos, pois assim, quando um equipamento se tornar obsoleto ou apresentar falhas, a empresa fornecedora ou fabricante ficará responsável pela troca ou manutenção, o que facilita a reciclagem dos produtos, tende em mente que os resíduos seriam reunidos com a empresa fornecedora, possibilitando o envio de uma grande quantidade de resíduos de uma única vez. Além disso, têm-se também a opção de *leasing*, que funciona como uma locação financeira, em que o bem utilizado não é de propriedade da empresa que o utiliza. Assim, uma empresa prestadora de serviço oferece um produto locado para outra organização, contando com manutenções e possíveis trocas, caso necessário.

Sobre as regulamentações e políticas do setor, a Entrevistado 7 enxerga algumas lacunas referentes aos eletroeletrônicos de grande porte. Segundo ela, as metas geográficas referentes a implementação de pontos de coleta voluntária e o número de municípios atendidos pelos PEVs não são adequados para essa categoria de eletrônicos, pois esse modelo obriga a população a encaminhar os resíduos as localidades, em um contexto em que grande parte do povo brasileira não possui veículos para efetuar o deslocamento dos produtos. Além disso, o esforço necessário

para a transferência dos resíduos é exaustivo, fazendo com que muitas pessoas desistam da ação. Para a entrevistada, outros modos de coleta deveriam ser impostos pela regulação, em que os fabricantes, importadores e comerciantes deveriam disponibilizar mecanismos de logística reversa para os consumidores.

Outro ponto de atenção quanto a regulamentação é o financiamento do sistema, em que as empresas da indústria de eletroeletrônicos aderem a uma entidade gestora de resíduos e arcam com custos da logística reversa com tarifas igualitárias. As diferenças em tarifas somente são aplicadas para empresas que comercializam mais produtos, inserindo mais itens no mercado. Nesse sentido, perde-se a oportunidade de aplicar tarifas variáveis com base em diferentes fatores relevantes para a cadeia econômica.

“Acho que nós perdemos uma oportunidade de ter, por exemplo, uma tarifa variável, com base na durabilidade do produto, no potencial de reciclagem, na reciclabilidade. Essa tarifa é chamada de tarifas modulares. Elas estão sendo muito debatidas na Europa e já foram implementadas na França”. (Entrevistada 7, Organização 7)

A entrevistada chamou atenção quanto a penalizações do cumprimento os decretos federais. Segundo ela, em âmbitos estaduais, caso as metas estabelecidas não sejam atendidas, um passivo será gerado para a empresa e uma compensação será aplicada no ano seguinte. Porém, em âmbito federal, essa penalização não está clara. A entrevistada entende que devia haver uma melhor fiscalização do cumprimento das legislações e regulamentações em âmbito federal. Por fim, também foram citados pontos relacionados a obsolescência programada e da reciclabilidade de produtos, que poderiam ser mais discutidos pela regulação, pois pequenas alterações em projetos possibilitariam uma desmontagem facilitada.

Para as questões econômicas, foram citados a variabilidade dos preços das matérias-primas, a competição entre recicladores formais e informais, a disponibilidade de recicladores e questões logísticas do país. A Entrevistada 7 apresenta que existe uma volatilidade dos preços dos materiais, pois nem todos os países possuem as tecnologias necessárias para efetuar a reciclagem e reaproveitamento de materiais mais sensíveis de produtos, como exemplo, as placas

de circuito. Assim, a influência que as exportações e importações possuem, influencia os números de resíduos coletados e reciclados no país, pois caso preços apresentem valores maiores, alguns recicladores (excluindo a obrigatoriedade da logística reversa) podem se tornar mais propensos a executar as atividades da gestão de resíduos.

A competição entre recicladores influencia os valores para reciclagem pois recicladores formais apresentam um alto custo para operação com a necessidade de possuírem licenças e medidas de controle ambiental para mitigação do impacto ambiental enquanto recicladores informais não apresentam tais custos. Nesse sentido, o preço cobrado pelos profissionais informais se torna mais competitivo. Além disso, segundo a entrevistada, o número de recicladores formais é baixo e dessa forma ocorre uma restrição na capacidade de resíduos que poderiam ser reciclados pelas instalações.

Por fim, a extensão territorial do Brasil também foi citada como ponto sensível, uma vez que as dimensões do país influenciam em custos altos pelas longas distâncias percorridas para destinação adequada de materiais. Além disso, para resíduos de equipamentos de grande porte, o volume dos produtos pode ser muito grande, influenciando a quantidade de resíduos transportados em uma única transferência.

Com relação a conscientização pública, a Entrevistada 7 considera que existe uma relação direta entre o nível de conscientização pública e a quantidade de dispositivos descartados incorretamente.

Analisando por um viés mais holístico, podemos dizer que nosso país tem uma carência de educação, até mesmo no ensino básico. Os índices de escolaridade não são índices ideais, parecidos com países subdesenvolvidos ou em vias de desenvolvimento. Nesse sentido, já temos uma dificuldade nesse ponto, da escolaridade e das pessoas conseguirem entender questões mais técnicas e mais ambientais. Além disso, a própria conscientização ambiental e educação ambiental ainda estão engatinhando no Brasil. Acho que as gerações mais novas já têm aprendido um pouco sobre conteúdos de educação ambiental. A partir disso, entendo que no futuro talvez possamos ter consumidores mais sensíveis para as questões ambientais. Porque tudo começa no consumidor, principalmente para os produtos domiciliares. O consumidor tem que adquirir a independência de disponibilizar aquele produto para o fabricante, seja em um ponto de entrega ou em qualquer outra via de coleta disponibilizada”. (Entrevistada 7, Organização 7)

Para a Entrevistada 7, a forma de combater os baixos níveis de conscientização da população seria a criação de campanhas e estruturação de estratégias de comunicação dos agentes do setor com os consumidores utilizando principalmente as redes sociais. Além disso, pode-se engajar os consumidores a participarem efetivamente da reciclagem de resíduos através de incentivos econômicos como a criação de descontos por devoluções de produtos ou embalagens. Por fim, o ato de incentivar o reuso de produtos, a disponibilização de assistências técnicas e de manuais para uma melhor utilização dos itens proporcionariam um ambiente mais propício ao advento da Economia Circular.

Com relação a práticas e parcerias internacionais, a entrevistada menciona que diversos países europeus possuem índices de aparelhos reciclados ou recuperados melhores do que os que a própria regulação europeia prevê, de 65%. O Japão também entra em destaque, principalmente com relação aos equipamentos de grande porte, devido a um sistema antigo de regulação. O modelo é baseado na possibilidade de o consumidor descartar os resíduos em uma loja diferente da compra inicial, desde que uma nova compra seja negociada, ou no lojista em que a compra original do produto foi efetuada. Além disso, o descarte pelo consumidor é pago para o lojista. Na opinião da Entrevistada 7, essa prática funciona no Japão devido a questões culturais e uma forte tendência a seguir regras incorporada pelo povo japonês. Nesse sentido, em outras localidades do globo, tal prática poderia não funcionar corretamente. Assim, para a entrevistada, parcerias e experiências internacionais são valiosas, porém, deve-se analisar muito bem o contexto do país e as circunstâncias envolvidas nas situações de estudo para entender quais práticas poderiam ser incorporadas de maneira efetiva no território.

5.4. Especialista

O Entrevistado 8 descreveu a situação atual da reciclagem de REEE no Brasil como otimista, pois o especialista acompanhou os debates sobre Economia Circular no país desde o início das discussões, estando envolvido na estruturação de diversas regulamentações sobre o tema. Assim, dadas as dificuldades que o país possui com relação a gestão de resíduos eletroeletrônicos, ele destaca que existem muitos

benefícios que foram alcançados nos últimos cinco anos, que no passado eram impensáveis. Sendo assim, apesar de na sua visão, o Brasil ainda possuir muitos obstáculos a superar, pode-se assumir que o país está no caminho correto.

Como principais desafios enfrentados pela indústria de eletroeletrônicos em relação a gestão de resíduos sólidos atualmente, foram destacados a forma burocrática de lidar com os eletroeletrônicos, abordando especificamente a classificação de periculosidade e as exigências de licenciamento dos entes logísticos no caminho, o custo sobre transporte, logística e desmontagem, e por último, questões culturais.

Com relação as abordagens burocráticas, o Entrevistado 8 destacou que o problema foi solucionado em partes, porém, em sua visão, seria necessário um tratamento legislativo para firmar o reconhecimento e a conquista da solução. Segundo o especialista, em 2014, a CETESB, divulgou uma decisão de diretoria que estabelecia uma série de cuidados mínimos para poder gerenciar os resíduos eletroeletrônico até a sua desmontagem, sem que o ele seja considerado perigoso.

“A norma ABNT 2004 que classifica os resíduos sólidos, tem no anexo o resíduo eletroeletrônico como perigoso. Se eu considerar isso, a armazenagem, o transporte, e todos os cuidados com esse material, devem ser de um resíduo perigoso. Nesse sentido, vamos analisar um celular que está no meu bolso. Quando eu o jogo numa urna de um shopping, o que mudou para trazer essa periculosidade que faz sentido quando o resíduo realmente é perigoso? Quando falamos de uma agulha infectada de um posto de saúde, um resíduo químico de uma grande indústria com potencial de contaminação, tudo bem termos um arcabouço regulatório legislativo que proteja a saúde pública. Mas no caso dos eletroeletrônicos, estava ficando exagerado. Por isso, foi possível através de uma decisão de diretoria avançar nesse assunto. Porém, essa questão está em decisão de diretoria. Entendo que devíamos ter um decreto, isso devia estar firmado em lei”. (Entrevistado 8)

Com relação aos custos, foi destacado que é necessário que haja investimentos para que os resíduos eletroeletrônicos possam ser manuseados de maneira eficiente. Destaca-se a necessidade de possuir pessoas qualificadas para efetuar a desmontagem, separação de peças e materiais, além da necessidade de existirem lugares específicos para a desmontagem, pois ao menos no Estado de São Paulo, é necessário possuir

licenciamentos ambientais para que seja possível desmontar um resíduo eletrônico de maneira ambientalmente correta. Além disso, foram citados como exemplos as diferenças de custo logístico para a gestão de resíduos de grande e pequeno/médio porte.

“Quando falamos sobre equipamentos de grande porte, esse custo aumenta, pois, entramos em uma dificuldade que é o custo de barreira logística. Quando descartamos um notebook, um cartão ou liquidificador podemos pegá-los, colocá-los embaixo do braço e levar em uma urna. Mas quando falamos de uma geladeira, de uma máquina de lavar ou um equipamento de ar-condicionado, que nós temos e descartamos em nossas casas, não podemos aceitar que o cidadão vá pegar esse eletrônico e levar até um ponto de coleta no estacionamento de um shopping. Então seria necessária coletar o resíduo na residência, na casa do indivíduo. Ou seja, assim como o objeto foi entregue por alguém, alguém deveria buscá-lo. Porém, temos um custo sobre isso”. (Entrevistado 8)

Quando questionado sobre a existência de possibilidades de resolução para o problema de custos, o Entrevistado 8 destacou uma medida que poderia ser implementada como uma alternativa para os problemas de custo de coleta e transporte na logística reversa.

“Uma forma que eu vejo de tentarmos resolver essa questão, seria um tratamento financeiro diferenciado. Na Europa, temos o Eco Valor. Na nota fiscal de muitos produtos eletroeletrônicos aparece separado do preço e separado do imposto, uma taxa, o Eco valor, que é destinado a uma entidade gestora que vai operacionalizar a logística reversa. É como se você, no ato da compra, financiasse o recolhimento do que está saindo do mercado, pensando que você está substituindo o equipamento. É claro que nem sempre a lógica é tão redondinha, mas a ideia, o fluxo financeiro existe, e isso permite que você crie sistemas mais robustos de coleta”. (Entrevistado 8).

Quanto as questões culturais, o Entrevistado 8 destacou a existência de pontos que favorecem e que dificultam a logística reversa no país. Para o lado positivo, destaca-se uma prática de reuso e o reparo informal, sendo estratégias que a indústria

poderia aproveitar formalmente, mas que a própria população já prática. Nesse sentido, quando alguém decide trocar de aparelho eletrodoméstico, como uma geladeira, geralmente ocorre a doação ou uma venda do aparelho antigo, concedendo um segundo uso ao equipamento.

“Pode-se doar uma geladeira usada para uma pessoa carente ou para um familiar que tem uma exigência menor que a sua. Então você troca de geladeira e concede um segundo uso para aquela antiga. Além disso, temos questões de reparo. Muitas vezes o equipamento quebra e o cidadão resolve que não quer mais o aparelho. Porém, alguém vai querer consertar e continuar usando o equipamento. Então existe uma cultura de novos usos, seja mediante reuso direto, reparo, ou qualquer coisa relacionada que é predominante no Brasil e, entre aspas, desvia o fluxo do sistema formal de hoje, o que é bom, na minha opinião”. (Entrevistado 8)

Para o lado negativo, o Entrevistado 8 destaca que há uma dificuldade em educar a população quanto ao descarte adequado, principalmente com relação a pessoas que guardam uma série de resíduos eletroeletrônicos em suas residências que não possuem mais uso e poderiam se tornar materiais dentro da Economia Circular.

“Do outro lado existe uma dificuldade de educarmos as pessoas por descarte adequado. É muito comum, quase certo, que em qualquer residência de pessoas de classe média para cima, seja possível encontrar uma gaveta, uma caixa, um cantinho de equipamentos velhos, usados, e que não são descartados. [...] Se você abrir aquela gaveta, tirar o que está lá e levar num ponto de coleta, você consegue retornar esses materiais para o ciclo produtivo”. (Entrevistado 8)

Em seguida, foram discutidos aspectos relacionados a regulamentações e políticas, em que o Entrevistado 8 relata que o Brasil, ao contrário dos outros países do mundo, não aplica o conceito da responsabilidade estendida do produtor. Nesse sentido, o que está previsto em lei é a responsabilidade compartilhada, que prevê por uma parte dos responsáveis da cadeia a exigência da estruturação e operação da logística reversa. Nesse sentido, foi destacado que a responsabilidade compartilhada inclui o consumidor e o poder público, mas a logística reversa, não. Além disso, o

entrevistado destaca que apesar da não existência da responsabilidade estendida do produtor, na prática e no dia a dia das empresas e dos governos, é possível que, via responsabilidade compartilhada, consiga-se operacionalizar o que a responsabilidade estendida nos traria. Além disso, segundo o entrevistado, algo que poderia ser incrementado no Brasil, é uma espécie de Governança dentro do Governo Federal, ligado ao Ministério do Meio Ambiente, que deveria fazer o papel dos grupos de acompanhamento e de performance da logística reversa, com o objetivo de melhorar as regras já impostas, no lugar de incrementar regras para novos pontos de atenção.

“A política nacional confere à sociedade a oportunidade e, em grande parte, a responsabilidade de adotar e estruturar os sistemas conforme julgar apropriado. Por essa razão, surge a ideia de termos de compromisso ou Acordos Setoriais como um precursor ao estabelecimento de regulamentos na política nacional para a logística reversa. Portanto, a proposta de negociar um Acordo Setorial visa reunir os envolvidos para discutir e definir abordagens específicas para cada caso. Por exemplo, as embalagens de agrotóxicos têm suas particularidades, as lâmpadas fluorescentes são tratadas de forma diferente, e, é claro, os produtos eletroeletrônicos exigem considerações próprias, com a ressalva de que nem todos os produtos eletroeletrônicos são iguais”. (Entrevistado 8)

“Creio que a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil é muito ousada e, na minha opinião, está entre as melhores do mundo. No entanto, para que ela alcance todo o seu potencial, cumprindo seus objetivos e princípios, é necessário avançar constantemente nos regulamentos infralegais. Isso significa que, embora tenhamos uma política nacional estabelecida, agora precisamos de decretos e possivelmente algumas leis específicas. No caso da logística reversa, podem ser necessários acordos setoriais e outros instrumentos para o progresso contínuo. Quanto aos resíduos eletroeletrônicos, considero que o que temos atualmente é insuficiente. Embora tenhamos dado um bom primeiro passo, é hora de seguir em frente e dar o próximo passo para melhora”. (Entrevistado 8)

Com relação a questões econômicas, foi citado que ações financeiras de estímulo seriam benéficas para as empresas de manufatura reversa. Nesse sentido,

benefícios fiscais e tributários poderiam ser implementados por exemplo pelas diminuições de impostos sobre produtos que utilizem matéria prima reciclada e aumento de impostos para produtos que utilizam matérias não renováveis, como combustíveis. Além disso, foram citadas também questões de extensão da vida útil de equipamentos. Sendo assim, produtos que possuem prazos de garantia maiores do que os dois anos previstos no código de defesa do consumidor ou empresas que possuem redes de assistência técnica, proporcionando o direito ao reparo para o consumidor, poderia receber benefícios tributários. O entrevistado ressalta que apesar dos incentivos financeiros, seria interessante que uma cultura de inovação voltada a economia circula seja criada como uma oportunidade de negócio. Nesse sentido, independente do que a lei obrigar e incentivar seria interessante seguir o caminho proposto, para a diferenciação de nichos de consumidor e para ter um produto mais perene e melhor valorizado, que pudesse ser vendido com maiores margens de lucro.

Para a conscientização pública, foram abordadas duas partes envolvidas, uma pública e uma privada. O Entrevistado 8 entende que é papel do poder público conscientizar e educar a população ambientalmente, seja com inclusões nos currículos escolares, até a incluir diretrizes do MEC para alguns cursos superiores sobre conteúdos de Economia Circular. Além disso, deve-se elaborar campanhas públicas em metrô, ônibus e ruas, para uma maior propagação do conhecimento. Com relação a iniciativa privada, o entrevistado destaca a necessidade de uma regulamentação melhor estabelecida quanto a exigência de planos de comunicação por parte das entidades gestoras e empresas de logística reversa.

“Em 2016, tive a oportunidade de visitar o sistema de gestão de resíduos eletroeletrônicos de uma entidade gestora na Holanda. Fiquei surpreso ao perceber que a empresa ocupava metade de um andar em um edifício de escritórios, dedicando parte significativa desse espaço para atividades de marketing e propaganda. Eles veiculavam anúncios usando desenhos animados durante o horário nobre, nos quais os personagens incentivavam a população a descartar corretamente os resíduos. No elevador, havia uma foto de um jogador de futebol brasileiro famoso segurando um equipamento eletroeletrônico usado ao lado da urna de descarte da gestora. Usar a imagem de um jogador é caro, e isso mostra que é obvio que tem dinheiro investido nisso. Tanto é que, os representantes da gestora explicaram

que uma porcentagem da receita bruta da entidade deve ser destinada à comunicação, conforme exigido pela legislação local. Portanto, operar, transportar e desmontar esses resíduos acarreta custos elevados. No entanto, é necessário reservar parte do orçamento para comunicar efetivamente os consumidores0". (Entrevistado 8)

Com relação as experiências internacionais e possíveis parceiras, o Entrevistado 8 entende que o Brasil deve tomar muito cuidado ao utilizar conhecimentos estrangeiros no país. Isso se deve a enormidade territorial e a diversidade socioeconômico-cultural que o Brasil possui. Pode-se por exemplo, na Europa, transportar um eletroeletrônico através de um trem a 100km/h para outro país a um custo de frete muito barato. Já em nosso país, há um desafio logístico territorial enorme.

Porém, como medidas cabíveis de inspiração, destaca-se a forma de lidar com as empresas junto ao governo, pois as políticas ambientais no Brasil possuem foco no processo, ou seja, ao estudar uma fábrica, estrada ou empreendimento será analisado o impacto do processo em geral. Na logística reversa, o foco da análise é o produto, em que o impacto entre os agentes e a possibilidades de redução de impacto são distribuídos pelos agentes da cadeia. Nesse sentido, o especialista destaca a necessidade de empresas, mas principalmente os governos aprenderem a estabelecer regulamentações ambientais de foco sobre políticas. Além disso, o entrevistado destaca que conhece diversos projetos bem-sucedidos em outros países e outros com baixo sucesso, e alega que nesse sentido, seria interessante analisar os resultados positivos e negativos tentando encaixá-los no contexto brasileiro a fim de entender se os projetos seriam benéficos para a população.

Por fim, ao abordar possíveis soluções, o Entrevistado 8 enfatizou a importância de estabelecer uma distinção entre os eletroeletrônicos de grande e pequeno/médio porte. Ele argumentou que essa distinção, juntamente com a introdução de um eco valor para os equipamentos de grande porte, poderia viabilizar a criação e o funcionamento sustentável de um sistema de logística reversa para esses produtos. O Entrevistado menciona que, em sua opinião, deve ser cobrado no momento da compra de um eletroeletrônico pelas varejistas um valor a ser repassado a um fundo em que as entidades gestoras poderiam solicitar o financiamento desse recurso para

efetuar suas atividades, como a coleta de resíduos e transporte dos materiais aos centros de desmontagem.

“No caso do equipamento de grande porte, sem esta cobrança de eco valor, não tem como garantir a sustentação econômica do sistema. [...] Nesse sentido, temos a implementação do princípio do poluidor pagador. Ou seja, eu escolhi comprar uma geladeira, então eu vou pagar o custo de descarte dela como parte do seu valor. É a ideia que a economia ambiental apresenta de internalizar as externalidades, tirando essa conta da sociedade e trazendo para quem consome, para quem escolheu comprar aquele produto. E eu, pessoalmente, acho que para os equipamentos de grande porte é fundamental aplicar medidas como essa”. (Entrevistado 8)

Para equipamentos de pequeno e médio porte, o especialista destaca o crescimento orgânico do sistema que já está previsto no Acordo Setorial, em que as organizações de forma individual ou coletiva, devem de 2021 até 2025 instalar mais de 5.000 pontos de coleta voluntária pelo Brasil para aumentar gradativamente a porcentagem, em peso de REEE que deve ser coletado e destinado adequadamente, até atingir 17% em peso no ano de 2025.

Além disso, também foi destacado a necessidade de criar iniciativas relacionados a comunicação e educação ambiental através de meios de comunicação para conscientização da população sobre o tema.

“É muito comum eu dar aula de logística reversa e, ao final, os alunos, colaboradores ou diretores de empresas perguntarem onde é possível encontrar pontos de entrega voluntária. Eu sempre explico que essa informação pode ser facilmente encontrada na internet. Basta clicar nos links encontrados nos sites dos gestores de resíduos e usar um aplicativo que utiliza o Google Maps: você insere seu CEP e aparecerá um ponto de coleta próximo de onde você está. Atualmente, temos essas ferramentas disponíveis, mas muitas pessoas não as conhecem”. (Entrevistado 8)

Por fim, o último ponto relatado pelo especialista é a oportunidade que empresas possuem em utilizar logística reversa a seu favor (e que ainda não é muito explorado), do ponto de vista do marketing. Nesse sentido, o especialista exemplifica

que programas de fidelidade em que o consumidor recebe descontos para compras de novos produtos por levar equipamentos antigos as lojas dos varejistas, seria benéfico. Assim, seria possível reduzir os custos do sistema ao receber os resíduos na loja, sem que fosse necessário coletar os produtos. Além disso, essas medidas asseguram para o eletroeletrônico uma qualidade maior de retorno, se comparado aos equipamentos entregues em urnas. Isso se deve a possibilidade de equipamentos mais pesados danificarem outros produtos no momento do descarte. Dessa forma, alguns resíduos poderiam ter suas peças prejudicadas, o que impediria a remanufatura desses itens. Assim, ao coletar os resíduos em lojas, seria possível efetuar uma coleta cuidadosa, o que proporciona uma avaliação mais elaborada e destinação final adequada ao equipamento.

“Uma coleta cuidadosa amplia as possibilidades de reaproveitamento da Economia Circular. Afinal, assim estamos evitando que o valor seja perdido”. (Entrevistado 8)

Vale destacar que a atração e fidelização de clientes do ponto de vista de marketing, pode ser feito com iniciativas que não precisam de muito capital investido e podem desenvolver um retorno expressivo, pois cria-se um relacionamento de longo prazo com os clientes, tornando-os mais próximos das empresas e possibilitando que sua imagem seja mais divulgada para que novos clientes conheçam suas atividades.

6. CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES

O presente trabalho tem como objetivo investigar os processos de reciclagem de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no Brasil, bem como comparar os métodos de gerenciamento de resíduos que ocorrem no país, com metodologias existentes em regiões que possuem taxas de reciclagem superiores, além de outros aspectos relacionados a reciclagem desses produtos no Brasil.

A gestão de resíduos na indústria de eletroeletrônicos no Brasil é um desafio complexo que requer ações coordenadas e estratégicas para promover a sustentabilidade ambiental e econômica do setor. A pesquisa realizada neste trabalho de conclusão de curso buscou não apenas identificar os obstáculos enfrentados, mas também apontar caminhos para aprimorar a gestão de resíduos eletroeletrônicos no país.

Para atingir os objetivos do trabalho, foram realizadas oito entrevistas em sete organizações e com um especialista. A Organização 1, uma gestora sem fins lucrativos responsável pela coleta de REEE de pessoas físicas e jurídicas; a Organização 2, uma ONG coletora e recicladora de REEE, focada no condicionamento de computadores; a Organização 3, uma gestora sem fins lucrativos responsável pela coleta de REEE de pessoas físicas e jurídicas; a Organização 4, uma organização sem fins lucrativos, focada em desenvolver soluções tecnológicas com foco em circularidade; a Organização 5, uma empresa de remanufatura de materiais plásticos; a Organização 6, uma empresa focada na logística reversa e reciclagem de diferentes tipos de resíduos eletroeletrônicos; a Organização 7, um órgão do Governo Estadual de São Paulo, focado em monitorar e licenciar atividades ambientalmente corretas no estado; e o Entrevistado 8, especialista em assuntos relacionados a Economia Circular aplicada a indústria de eletroeletrônicos.

Com relação a visão dos entrevistados, pode-se dizer que as Organizações Não Governamentais identificaram que os desafios enfrentados pelo Brasil seriam a sua extensão territorial, impactando financeiramente a cadeia, devido aos consideráveis deslocamentos de resíduos, a ausência da cultura do descarte correto pela população e a falta de fiscalização adequada da indústria quanto as contribuições do setor para a Economia Circular. Para as Empresas Privadas entende-se haver a necessidade de

aprimorar a formalização da cadeia de reciclagem, buscando evitar ou reduzir a operação de empresas e operadores informais que atuam de maneira inadequada na cadeia. Além disso, também foi destacada a extensão territorial do Brasil e a conscientização da população como desafios. O órgão do Governo Estadual enxerga algumas lacunas sobre as regulamentações e políticas do setor. Nesse sentido, foram expostos desafios com relação as metas geográficas de implementação de pontos de coleta voluntária e para o financiamento do sistema, pela falta de uma maior distinção de tarifas para empresas que comercializam mais produtos e produzem mais resíduos. Além disso, a extensão territorial do país e a conscientização pública também foram desafios elencados na entrevista. Por fim, o Especialista evidencia que atualmente, a forma de lidar com os eletroeletrônicos é muito burocrática, devido as classificações de periculosidade e as altas exigências de licenciamento das partes envolvidas no processo. Ademais, os custos sobre transporte, logística e desmontagem, além de questões culturais sobre a conscientização da população também foram discutidos.

Dessa forma, foi observado que os desafios apresentados pelos entrevistados coincidem com os obstáculos mencionados na literatura. Esses desafios incluem a falta de conscientização da população sobre o descarte dos REEE, a necessidade de uma fiscalização mais eficiente do setor, a vasta extensão territorial do Brasil, a importância do amadurecimento de políticas públicas e legislações que incentivem a circularidade dos REEE e a tendência do povo brasileiro de acumular equipamentos eletroeletrônicos em desuso ou obsoletos.

Assim, como possíveis medidas para alavancar os índices de reciclagem do Brasil, entende-se ser interessante impulsionar a implementação do Acordo Setorial que define regras e metas para a logística reversa de produtos de uso domiciliar, prevendo a coleta e reciclagem formal de 17% em peso dos REEE gerados pelo país em 2025. Nesse sentido, uma renovação do acordo, com metas mais ambiciosas ao final de seu período de vigência, se mostra positivo para o país. Outro ponto de atenção, é o aprimoramento da legislação e da fiscalização do setor, que poderia reduzir as atividades de recicladores informais e garantir o cumprimento de leis relacionadas a logística reversa. Além disso, incentivos a formalização dos trabalhadores informais, como a criação de incentivos fiscais e financeiros para que os recicladores possam ter acesso a crédito, treinamentos e infraestrutura facilitariam sua

integração no mercado formal. Ademais, o aumento de impostos para produtos que utilizam matérias não renováveis, como combustíveis, possibilitaria com que mais empresas começassem a utilizar a Economia Circular e logística reversa ao seu favor. Por fim, o investimento em conscientização educacional ambiental da população sobre os benefícios e malefícios do descarte incorreto dos REEE possibilitaria com que os jovens crescessem com maiores noções de sustentabilidade e Economia Circular, proporcionando o amadurecimento da população quanto a gestão de resíduos eletroeletrônicos. Nesse sentido, tanto o poder público deve conscientizar e educar ambientalmente a população através de campanhas públicas ou inclusão de disciplinas escolares de Economia Circular, como a iniciativa privada deve possuir planos de comunicação melhor estruturados e estabelecidos.

Como próximos passos, recomenda-se ampliar o conjunto de empresas entrevistadas, incluindo instituições com funções variadas dentro da cadeia analisada neste estudo. Nesse contexto, empresas tradicionais fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos, bem como varejistas e distribuidores, poderiam oferecer perspectivas diferentes das apresentadas, dado que suas atividades possuem escopos distintos dos discutidos neste trabalho. Além disso, há espaço para uma discussão aprofundada e direcionada sobre a gestão de resíduos sólidos e de eletroeletrônicos no mundo, buscando entender o histórico e as abordagens utilizadas em cada região com maiores detalhes, estudando os índices de reciclagem globais e desenvolvendo discussões para atingir valores cada vez maiores para a reciclagem de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI; Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos, **Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI (2012), p. 177 chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.comexresponde.gov.br/portalmdic/arquivos/dwnl_1416934886.pdf

ABRELPE, **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2020, p.52 chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7212936/mod_resource/content/1/Panorama-2020-V5-unicas%20%28%29.pdf
ACORDO SETORIAL, **Acordo Setorial para implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso domésticos e seus componentes**, 2019, p.31 chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/acordo-20setorial-20-20eletroeletronicos-pdf

ANATEL, 2023, **Agência Nacional de Telecomunicações**, <https://www.gov.br/anatel/pt-br/dados>

ARAÚJO M. G.; MAGRINI A.; MAHLER C. F.; BILITWESKI B.; A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil, **Waste Management**, v. 32, i. 2, p. 335-342, Feb. 2012, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.09.020>.

ARAUJO, M. V. F.; OLIVEIRA, U. R.; MARINS, F. A. S.; JORGE M. JR. Cost Assessment and Benefits of Using RFID in Reverse Logistics of Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE), **Procedia Computer Science**, v. 55, 2015, p. 688-697, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.075>.

AZEVEDO L. P.; ARAÚJO F. G. S.; LAGARINHOS C. A. F.; TENÓRIO J. A. S.; ESPINOSA D. C. R.; E-waste management and sustainability: a case study in Brazil. **Environ Sci Pollut Res** **24**, p. 25221–25232, Set. 2017, <https://doi.org.ez67.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11356-017-0099-7>

BALDÉ C. P.; FORTI V.; GRAY R.; KUEHR R.; STEGMANN P.; **The Global E-Waste Monitor 2017: Quantities, Flows, and Resources** United Nations University, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association, Bonn/Geneva/Vienna (2017) Disponível em: http://collections.unu.edu/eserv/unu:6341/GEM_2017-R.pdf

BALDÉ C. P.; KUEHR R.; YAMAMOTO T.; McDONALD R.; D'ANGELO E.; ALTHAF S.; BEL G.; DEUBZER O.; CUBILLO E. F.; FORTI V.; GRAY V.; HERAT S.; HONDA S.; IATTONI G.; KHETRIWAL D. S.; CORTEMIGLIA V. L.; LOBUNTSOYA Y.; NNOROM I.; PRALET N.; WAGNER M.; (2024). International Telecommunication Union (ITU) and United Nations Institute for Training and Research (UNITAR). 2024. **Global E-Waste Monitor 2024**. Geneva/Bonn.

Disponível em: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2024/03/GEM_2024_18-03_web_page_per_page_web.pdf

BALDÉ C. P.; WANG F.; KUEHN R.; HUISMAN J.; **The Global E-Waste Monitor** United Nations University, IAS – SCYCLE, Bonn, Germany (2014) <https://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-small.pdf>

BAXTER J.; LYG K.A.; ASKHAM C.; HANSSEN O.J.; High-quality collection and disposal of WEEE: environmental impacts and resultant issues, **Waste Management**, v. 57, p. 17-26, Nov. 2016. 10.1016/j.wasman.2016.02.005

BOCKORNI, B. R. S.; GOMES, A. F. A amostragem em *snowball* (bola de neve) em uma pesquisa qualitativa no campo da administração. **Revista de Ciências Empresariais da UNIPAR**, Umuarama, v. 22, n. 1, p. 105-117, jan./jun. 2021.

BONCIU F. I.; The European Economy: From a Linear to a Circular Economy. **Romanian Journal of European Affairs**, v. 14, n. 4, p. 14, Dez. 2014. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2534405

BRASIL, 2010, Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto De 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos** (2010), http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm

BRASIL, 2020, Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta a implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. **Política Nacional de Resíduos Sólidos** (2020) http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10240.htm .

BRESSANELI G.; PERONA M.; SACCANI N.; Challenges in supply chain redesign for the Circular Economy: a literature review and a multiple case study. **International Journal of Production Research**, v. 57, p. 7395-7422, 2019. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1542176>

CASTRO C. G.; TREVISAN A. H.; PIGOSSO D. C. A.; MASCARENHAS J.; The rebound effect of circular economy: Definitions, mechanisms and a research agenda, CAUCHICK MIGUEL P. A. **Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

CUCCHIELLA F.; D'ADAMO I.; KOH S. C. L.; ROSA P.; Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, V. 51, P. 263-272, Nov. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.010>.

DIAS P.; BERNARDES A. M.; HUDA N.; Ensuring best E-waste recycling practices in developed countries: an Australian example. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, p. 846-854, Fev. 2019. 10.1016/j.jclepro.2018.10.306

DIAS P.; MACHADO A.; HUDA N.; BERNARDES A. M.; Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes, **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 7-16, Fev. 2018, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.219>.

DIAS, P.; PALOMERO, J.; PILOTTO, M.; SCARAZZATO, T.; BERNARDES, A.M. Electronic Waste in Brazil: generation, collection, recycling and the covid pandemic. **Cleaner Waste Systems**, v. 3, p. 100022. Dez. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100022>

DZOMBAK R.; ANTONOPOULOS C.; DILLION H. E.; Balancing technological innovation with waste burden minimization: An examination of the global lighting industry. **Waste Management**, v. 92, p. 68-74, Jun. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.037>.

ECONOMY, CIRCLE. Circle Economy. **The Circularity Gap Report 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.circularity-gap.world/2022>
EISENHARDT K. M.; GRAEBNER M. E.; 2007. Theory building from cases: Opportunities and challenges. **Academy of Management Journal**, 50(1), 25-32.

FGV, 2023, **Fundação Getúlio Vargas**, Uso de TI no Brasil: País tem mais de dois dispositivos digitais por habitante, revela pesquisa, <https://portal.fgv.br/noticias/uso-ti-brasil-pais-tem-mais-dois-dispositivos-digitais-habitante-revela-pesquisa>

FORTI V. BALDÉ C. P.; KUEHR R.; BEL G.; **The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential**. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co- hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam. Disponível em: https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_def.pdf

FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR. **Rumo à Economia Circular: o racional de negócio para acelerar a transição**. 2015. Disponível em: https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-%C3%A0-economia-circular_SumarioExecutivo.pdf.

FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR. **Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition**. 2013. Disponível em: <https://emf.thirdlight.com/link/x8ay372a3r11-k6775n/@/preview/1?o>

GEISSDOERFER M.; SAVAGET P.; BOCKEN N. M. P.; HULTINK E. J.; The Circular Economy - A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**., v. 143, p. 757-768. Fev. 2017. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616321023>

GHISELLINI P.; CIALANI C.; ULGIATI S.; A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems.

Journal of Cleaner Production, v. 114, p. 11-32, Fev. 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.

GHOSH S. K.; DEBNATH B.; BAIDYA R.; DE D.; LI J.; ZHENG L.; AWASTHI A.K.; LIUBARSKAIA M.A.; OGOLA J.S.; Waste electrical and electronic equipment management and Basel Convention compliance in Brazil, Russia, India, China and South Africa (BRICS) nations. **Waste Manag. Res.**, 34 (8) (2016), pp. 693-707

GRANT K.; GOLDIZEN F. C.; SLY P. D.; BRUNE M. N.; NEIRA M. BERG M. V. D.; NORMAN. R. E.; Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, **The Lancet Global Health**, v. 1, p. e350-e361 Dez. 2013.
[https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(13\)70101-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70101-3).

GREEN ELETRON – **Resíduos Eletrônicos no Brasil – 2021**, p. 20, (2021), Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://greeneletron.org.br/download/RELATORIO_DE_DADOS.pdf

GREEN ELETRON - **Resíduos Eletrônicos no Brasil – 2023**, p. 21, (2023). Disponível em: https://greeneletron.org.br/download/RELATORIO_DADOS_2023.pdf

HOBSON K.; LYNCH N.; Diversifying and de-growing the circular economy: Radical social transformation in a resource-scarce world, **Futures**, v. 82, p. 15-25, Set. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.05.012>.

HOMRICH A. S.; GALVÃO G.; ABADIA L. G.; CARVALHO M. M.; The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. **Journal of Cleaner Production**, v. 175, p. 525-543, Fev. 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.064>.

IBGE, 2022, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, De 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões, <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes>

IBN-MOHAMMED T.; MUSTAPHA K. B.; GODSELL J.; ADAMU Z.; BABATUNDE K. A.; AKINTADE D. D.; ACQUAYE A.; FUJII H.; NDIAYE M. M.; YAMOAHA F. A.; KOH S. C. L.; A critical analysis of the impacts of COVID-19 on the global economy and ecosystems and opportunities for circular economy strategies. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 164, Jan. 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105169>.

ISLAM A.; AHMED T.; AWUAL R. Md.; RAHMAN A.; SULTANA M.; AZIZ A. A.; MONIR M. U.; TEO S. H. T.; HASAN M.; Advances in sustainable approaches to recover metals from e-waste-A review, **Journal of Cleaner Production**, v. 244, 118815, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118815>.

JIANG B.; ADEBAYO A.; JIA J.; XING Y.; DENG S.; GUO L.; LIANG Y.; ZHANG D.; Impacts of heavy metals and soil properties at a Nigerian e-waste site on soil microbial community, **Journal of Hazardous Materials**, v. 362, p. 187-195, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.08.060>.

Journal of Cleaner Production, v. 345, Abr. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131136>.

KAHHAT R.; KIM J.; XU M.; ALLENBY B.; WILLIAMS E.; ZHANG P.; Exploring e-waste management systems in the United States, Resources, **Conservation and Recycling**, v. 52, i. 7, p. 955-964, 2008, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.03.002>.

KALMYKOVA Y.; SADAGOPAN M.; ROSADO L. Circular economy - From review of theories and practices to development of implementation tools. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 135, p. 190–201. Ago. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034>

KAYA M.; Recovery of metals and nonmetals from electronic waste by physical and chemical recycling processes, **Waste Management**, v. 57, p. 64-90, Nov. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.004>.

KIDDEE P.; NAIDU R.; WONG M. H.; Electronic waste management approaches: An overview, **Waste Management**, v. 33, i. 5, p. 1237-1250, Mai. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.006>.

KORHONEN J.; HONKASALO A.; SEPPÄIÄ J.; Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecological Economics**, v. 143, p. 37-46, Jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>.

KORHONEN J.; TAPOLA A.; LINNANMÄKI K.; AUNIO P.; Gendered pathways to educational aspirations: The role of academic self-concept, school burnout, achievement and interest in mathematics and reading. **Learning and Instruction**, v. 46, p. 21-33, Dez. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.08.006>.

KUMAR A.; DIXIT G.; An analysis of barriers affecting the implementation of e-waste management practices in India: A novel ISM-DEMATEL approach, **Sustainable Production and Consumption**, v. 14, p. 36-52, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2018.01.002>.

KUMAR A.; HOLUSZKO M.; ESPINOSA D. C. R., E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices, Resources, **Conservation and Recycling**, V. 122, P. 32-42, Jul. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.018>.

LEE D.; OFFENHUBER D.; DUARTE F.; BIDERMAN A.; MONITOUR C. R.; Tracking global routes of electronic waste, **Waste Management**, v. 72, p. 362-370, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.014>.

LI J.; ZENG X.; CHEN M.; OGUNSEITAN O. A.; STEVELS; "Control-alt-delete": Rebooting solutions for the e-waste problem, **Environ. Sci. Technol.**, 49 (2015), pp. 7095-7108, 10.1021/acs.est.5b00449

LIEDER M.; RASHID A.; Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 115, p. 36-51, Mar. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>.

MMREKI D.; LI B.; BALDWIN A.; HONG L.; The generation, composition, collection, treatment and disposal system, and impact of E-waste. **E-waste in Transition - from Pollution to Resource**. Jun. 2016. <https://www.intechopen.com/chapters/49247>

MONTEIRO, Monica (Ed.). Economia Circular. **Start & Go**, Lisboa, v. 1, n. 20, p.3-3, abr. 2018.

MURRAY A.; SKENE K.; HAYNES K.; The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. **Journal of Business Ethics**, v. 140, p. 369–380. Fev. 2017. <https://doi-org.ez67.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10551-015-2693-2>

NADERIFAR M.; GOLI H.; GHALJAIE F.; 2017. Snowball Sampling: A Purposeful Method of Sampling in Qualitative Research. **Strides in Development of Medical Education**, v. 14, e67670.

NETO G. C. O. N.; CORREIA A. J. C.; SCHOEDER A. M.; Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in Brazil and Switzerland, **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, p. 42-55, Dez. 2017, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.011>.

ONGONDO F. O.; WILLIAMS I.D.; CHERRETT T.J.; How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes, **Waste Management**, v. 31, i. 4, p. 714-730, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.10.023>.

PARKER C.; SCOTT S.; GEDDES A.; 2019. **Snowball sampling**. SAGE research methods foundations.

PRIETO-SANDOVAL V. JACA C.; ORMAZABAL M.; Towards a consensus on the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 179, p. 605-615. Dez. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>

PUCKETT J.; SMITH T., 2002. Exporting harm the high-tech trashing of Asia. In: **Coalition, S.V.T. (Ed.)**.

RAUTELA R.; ARYA S.; VISHWAKARMA S.; LEE J.; KIM K.H.; KUMAR S.; E-waste management and its effects on the environment and human health, **Science of The Total Environment**, v. 773, 145623, Jun. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145623>

SANTOS S.; OFUNSEITAN O.; E-Waste management in Brazil: Challenges and opportunities of a reverse logistics model. **Environmental Technology & Innovation**, v. 28, Mai. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102671>

SCHLUEP M.; HAGELÜKEN C.; MESKERS C. E.M.; MAGALINI F.; WANG F.; MÜLLER E.; KUEHR R.; MAURER C.; SONNEMANN G.; **Market Potential of Innovative E-Waste Recycling Technologies in Developing Countries**. R (2009) Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ruediger-Kuehr/publication/228895223_Market_potential_of_innovative_e-waste_recycling_technologies_in_developing_countries/links/582c39e308ae138f1bf4dea9/Market-potential-of-innovative-e-waste-recycling-technologies-in-developing-countries.pdf

SHARMA M.; JOSHI, S.; KUMAR A.; Assessing enablers of e-waste management in circular economy using DEMATEL method: An Indian perspective. **Environ Sci Pollut Res** 27, 13325–13338 Fev. 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07765-w>

SILVA S. P.; GOES F. L.; ALVAREZ A. R.; Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável Brasil, **IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA**, Brasília, 2013, <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9979>

SINGH N.; LI J.; ZENG X.; Global responses for recycling waste CRTs in e-waste, **Waste Management**, v. 57, p. 187-197, Nov. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.013>

SONG X.; LU B.; WU W.; Chapter 13 - Environmental Management of E-waste in China, **Electronic Waste Management and Treatment Technology**, p. 285-310, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816190-6.00013-3>.

SOUZA R. G. S.; CLÍMACO J. C. N.; SANT'ANNA A. P.; ROCHA T. B. R.; VALLE R. A. B.; QUELHAS O. L. G.; Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil, **Waste Management**, v. 57, p. 46-56, Nov. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.034>.

SOUZA R. G.; 16 - E-waste situation and current practices in Brazil, **Handbook of Electronic Waste Management**, p. 377-396, 2020, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817030-4.00009-7>.

StEP, 2017. **StEP E-Waste World Map**. <<http://www.step-initiative.org/step-e-waste-world-map.html>>

SU B.; HASHMANTI A.; GENG Y.; YU X.; A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation, **Journal of Cleaner Production**, v. 42, p. 215-227, Mar. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>.

UNEP, 2007a. E-waste volume I: **Inventory assessment manual**. United Nations Environment Protection.

UNEP, 2007b. E-waste volume II: **E-waste management manual**. United Nations Environment Protection.

URBINATI A.; CHIARONI D.; CHIESA V.; Towards a new taxonomy of circular economy business models, **Journal of Cleaner Production**, v. 168, p. 487-498, Dez. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.047>

VINUTO, J. A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. **Temáticas**, Campinas, v. 22, n. 44, p. 203-220, 2014. https://www.academia.edu/16320788/A_Amostragem_em_Bola_de_Neve_na_pesquisa_qualitativa_um_debate_em_aberto.

WALLENBORN, G. Rebounds are structural effects of infrastructures and markets. **Frontiers in Energy Research**, v. 6. Out. 2018. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2018.00099>.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ROTEIRO DAS ENTREVISTAS

Introdução:

Data da entrevista

Apresentação pessoal

Apresentação da pesquisa

Nome da organização e do entrevistado

Informações básicas: O entrevistado, a organização e o foco de atuação/serviço

1. Por favor, você poderia fazer uma breve apresentação sobre você?
2. Qual organização você trabalha? Qual seu cargo e a há quanto tempo você o exerce?
3. Qual é o foco de atuação da sua organização no contexto da indústria de eletroeletrônicos no Brasil? Qual o serviço oferecido pela instituição neste contexto?

Resíduos Eletroeletrônicos

4. Como você descreveria a situação atual da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil?
5. Quais são os principais desafios enfrentados pela indústria de eletroeletrônicos em relação à gestão de resíduos sólidos atualmente?

Regulamentação e Políticas:

6. Você tem conhecimento com relação as regulamentações e políticas governamentais relacionadas à reciclagem de resíduos de eletroeletrônicos no Brasil? Se sim, quais?
7. Como a regulamentação atual afeta a reciclagem e a gestão de resíduos no setor?
8. Você entende que a Política Nacional de Resíduos Sólidos é suficiente para desenvolver uma gestão adequada para os resíduos de eletroeletrônicos? Disserte sobre.
9. Você acredita que existam lacunas na regulamentação brasileira em relação à gestão desses resíduos? Se sim, quais? O que poderia ser aprimorado?

10. Como as políticas governamentais podem ser ajustadas para promover uma gestão mais eficiente dos resíduos? Existe uma necessidade de estabelecer metas específicas?

Questões Econômicas:

11. Quais são os principais fatores econômicos que afetam a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil?

12. Na sua opinião, é possível que a reciclagem desses itens se torne mais economicamente viável? Se sim, quais possibilidades você enxerga?

13. Quais são os incentivos financeiros ou econômicos que poderiam ser oferecidos para estimular/potencializar a reciclagem?

Conscientização Pública:

14. Como você avalia a conscientização pública sobre a importância da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil? Você acredita que o nível de conscientização pública afeta a quantidade de dispositivos eletrônicos descartados inadequadamente?

15. Em sua opinião, como poderíamos aumentar a conscientização dos consumidores e incentivá-los a participar ativamente da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos?

Barreiras e Obstáculos:

16. Quais são as principais barreiras ou obstáculos que impedem com que a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos possua indicadores mais elevados no Brasil?

17. Quais incentivos existem para as organizações adotarem práticas mais sustentáveis na gestão de resíduos?

Melhores Práticas, Experiências e Parcerias Internacionais:

18. Você tem conhecimento de boas práticas quanto a reciclagem de resíduos elétricos e eletrônicos de outros países? Se sim, que países você acredita que têm sistemas de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos eficientes e bem-sucedidos?

19. O Brasil é um dos países que menos recicla resíduos eletroeletrônicos. Nesse sentido, como o Brasil pode se inspirar em experiências internacionais para impulsionar a gestão de resíduos nesse setor?

20. Em sua opinião, por que o Brasil recicla tão pouco dos resíduos eletroeletrônicos em comparação com outros países?

21. Existem oportunidades para colaboração internacional no campo da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos? Quais países ou organizações poderiam ser parceiros valiosos para o Brasil?
22. Como a experiência de outros países pode ser adaptada para atender às necessidades específicas do Brasil em relação à gestão de resíduos eletroeletrônicos?

Soluções Potenciais:

23. Que medidas ou políticas adicionais você acredita que poderiam ser implementadas no Brasil para melhorar a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos?
24. Como as empresas e instituições do setor de eletroeletrônicos podem contribuir para elevar os indicadores da gestão resíduos sólidos no Brasil?

Finalização: Considerações finais e agradecimentos

25. Muito obrigado pelo seu tempo! Você tem algo mais a acrescentar sobre o que foi conversado? Além disso, teria alguma recomendação de contato para outras conversas?