



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS – CFCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE (PRODEMA)

VAMBERTO OLIVEIRA DE SOUZA

LOGÍSTICA REVERSA DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS:

Aplicação da Metodologia MASP como alternativa para enfrentar os desafios na
implementação do Acordo Setorial

Recife
2024

VAMBERTO OLIVEIRA DE SOUZA

LOGÍSTICA REVERSA DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS:

Aplicação da Metodologia MASP como alternativa para enfrentar os desafios na implementação do Acordo Setorial

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadora: Profa. Dra. Simone Machado Santos

Co-orientador: Prof. Dr. João Pinto Cabral Neto

Recife

2024

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Souza, Vamberto Oliveira de.

Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos:
Aplicação da Metodologia MASP como alternativa para enfrentar os
desafios na implementação do Acordo Setorial / Vamberto Oliveira
de Souza. - Recife, 2024.
129f.: il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro
de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2024.

Orientação: Simone Machado Santos.

Coorientação: João Pinto Cabral Neto.

Inclui referências e apêndice.

1. Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos; 2. Política Nacional
de Resíduos Sólidos; 3. Acordo Setorial; 4. Método de Análise e
Solução de Problemas (MASP). I. Santos, Simone Machado. II.
Cabral Neto, João Pinto. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

VAMBERTO OLIVEIRA DE SOUZA

**LOGÍSTICA REVERSA DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS:
Aplicação da Metodologia MASP como alternativa para enfrentar os desafios
na implementação do Acordo Setorial**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovado em: 30/12/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Simone Machado Santos (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr^a. Jarcilene Silva de Almeida (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr^a. Renata Maciel de Melo (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr^a. Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr^a. Elaine Aparecida da Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal do Piauí - UFPI

Dedico

Toda a minha jornada acadêmica aos mestrandos e doutorandos, que enfrentam desafios, obstáculos e sabotadores internos. Reconheço a força e coragem daqueles que buscam apoio psicológico para superar momentos difíceis e solitários. Concluir o doutorado é um marco pessoal, onde aprendemos que é normal ser frágil em alguns momentos, mas que, no final, somos capazes de transformar sonhos em realidade!

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me fortaleceu em momentos que jamais imaginei superar, guiando-me nos desafios mais difíceis dessa jornada. Para aqueles que não acreditam em um Deus, saibam que existe uma força maior, algo que nos nutre de diferentes formas e nos possibilita o dom da transformação e da mudança.

A minha família, que, mesmo vindo de uma base humilde, sempre acreditou que podemos alcançar nossos objetivos e que os sonhos, sim, são realizáveis.

Aos meus amigos Leonardo Maximiano, Joyce Karolinne, Vladimir Falcão, Luiz Fernandes, Andreza Pyrrho, Marília Lyra, Alexsandra de Melo, Luiz Faustino, Túlio Costa, Monalisa Moura, Maria Luiza (Florzinha) e Maria Luiza (Malu), assim como a todos que compartilharam essa jornada comigo – em momentos felizes e em outros mais difíceis, nos quais estiveram ao meu lado apenas para ouvir e dividir angústias. Sei que isso faz parte do processo, e sou grato por essa presença.

À minha psicóloga, que me acompanhou desde o início desta caminhada com profissionalismo, atenção, carinho e muito cuidado. Cristina, você é LUZ!

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pela oportunidade em concluir um doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) pela formação acadêmica, e especialmente à Jarcilene Silva de Almeida, pela excelente gestão do programa e, acima de tudo, por sua humanidade – acredite, isso faz toda a diferença para nós, alunos.

Aos professores Simone Machado Santos, João Pinto Cabral Neto e Renata Maciel de Melo, agradeço pelas orientações e pela contribuição essencial na construção deste trabalho.

Ao SENAI Pernambuco e FIEPE pela oportunidade de desenvolver minha tese e aos especialistas que gentilmente aceitaram contribuir com minha pesquisa.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a todos que, de alguma forma, me deram forças para concluir meu doutorado e realizar o grande sonho que alimentei desde a graduação: tornar-me DOUTOR!

God knows I lived /
God knows I died /
God knows I begged /
Begged, borrowed and cried /
God knows I loved /
God knows I lied /
God knows I lost /
God gave me life /
And God knows I tried /
(God knows I tried / Lana Del Rey
Álbum Honeymoon / Data de Lançamento: 2015)

RESUMO

Este estudo analisou a gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), com foco na implementação do Acordo Setorial. O principal objetivo foi avaliar a eficácia das políticas públicas e identificar áreas de melhoria na gestão de REEE, considerando os desafios e as oportunidades associados ao Acordo Setorial. Os principais problemas abordados incluíram a infraestrutura insuficiente, a conscientização limitada, os altos custos de reciclagem e as falhas na articulação entre os agentes envolvidos. A pesquisa utilizou uma abordagem metodológica integrada, combinando a metodologia Delphi e o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP). Por meio do Delphi, realizado em uma rodada simplificada, foram identificados quatro problemas principais que embasaram a aplicação do MASP. Este, por sua vez, foi utilizado para estruturar um plano de ação detalhado, focado na solução dos desafios identificados, incluindo a definição de responsáveis, recursos necessários e prazos para execução. Entre os principais resultados, destacam-se as recomendações para a ampliação de pontos de coleta, o fortalecimento de parcerias público-privadas, a promoção de campanhas educativas e o investimento em infraestrutura tecnológica para reciclagem. O estudo conclui que uma abordagem integrada e colaborativa, alinhada aos princípios da economia circular, é indispensável para consolidar a logística reversa como uma ferramenta estratégica para a sustentabilidade ambiental e a responsabilidade compartilhada. A pesquisa contribui significativamente para o campo científico ao demonstrar a aplicação prática de metodologias robustas como Delphi e MASP em um tema emergente e crítico. Além disso, oferece um modelo replicável para a gestão de REEE, alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, promovendo avanços na gestão ambiental e na formulação de políticas públicas eficazes.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos; Política Nacional de Resíduos Sólidos; Acordo Setorial; Método de Análise e Solução de Problemas (MASP).

ABSTRACT

This study analyzed the management of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), focusing on the implementation of the Sectoral Agreement. The primary objective was to evaluate the effectiveness of public policies and identify areas for improvement in WEEE management, considering the challenges and opportunities associated with the Sectoral Agreement. The main issues addressed included insufficient infrastructure, limited awareness, high recycling costs, and weak coordination among stakeholders. The research employed an integrated methodological approach, combining the Delphi methodology and the Problem Analysis and Solution Method (MASP). Through Delphi, conducted in a simplified single round, four main problems were identified, serving as the basis for MASP application. MASP was then used to develop a detailed action plan aimed at solving the identified challenges, including defining responsibilities, required resources, and timelines for execution. Key results include recommendations for expanding collection points, strengthening public-private partnerships, promoting educational campaigns, and investing in technological infrastructure for recycling. The study concludes that an integrated and collaborative approach, aligned with the principles of the circular economy, is essential for establishing reverse logistics as a strategic tool for environmental sustainability and shared responsibility. This research makes a significant contribution to the scientific field by demonstrating the practical application of robust methodologies like Delphi and MASP to an emerging and critical topic. Moreover, it provides a replicable model for WEEE management, aligned with the Sustainable Development Goals, advancing environmental management and effective public policy formulation.

Keywords: Management of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE); National Solid Waste Policy; Sectoral Agreement; Problem Analysis and Solving Method (MASP); Environmental Education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo Histórico para a Criação da PNRS.....	21
Figura 2 - Ordem de Prioridade para a Gestão e Manejo dos Resíduos.....	26
Figura 3 - Planos de Resíduos Sólidos.....	27
Figura 4 - Fluxograma do Conteúdo do PGRS.....	30
Figura 5 - Etapas de Execução do PGRS.....	30
Figura 6 - Sistema de Logística Reversa.....	31
Figura 7 - Relação entre o ciclo PDCA e as Etapas do MASP.....	70
Figura 8 – Definição dos Especialistas que participaram da pesquisa.....	73
Figura 9 – Etapas das Atividades no Método Delphi simplificado.....	79
Figura 10 – Complementaridade entre o Delphi e MASP.....	82
Figura 11 – Plano para Identificação dos Riscos da Pesquisa.....	110
Figura 12 – Definição de Estratégias para Redução dos Riscos Identificados.....	112
Figura 13 – Estratégias para o Monitoramento dos Riscos Identificados na Pesquisa.....	112

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Os princípios, objetivos e instrumentos da PNRS.....	22
Quadro 2 - Correlação PNRS e o Acordo Setorial.....	36
Quadro 3 - Esquema da Aplicação Delphi.....	80
Quadro 4 - Perspectivas dos Especialistas sobre a Gestão de REEE.....	86
Quadro 5 - Principais Barreiras e Estratégias Identificadas no Método Delphi.....	95
Quadro 6 - Principais Problemas Identificados pelo Método Delphi simplificado.....	96
Quadro 7 - Relacionamento dos modos de falha observados e seus efeitos.....	102
Quadro 8 - Plano de Ação Detalhado para Melhoria na Gestão de REEE.....	107
Quadro 9 - Avaliação dos Riscos Identificados na Pesquisa.....	111
Quadro 10 - Plano de Ação para Verificação dos Riscos.....	116
Quadro 11 - Plano de Ação para a Etapa de Padronização do método MASP.....	117
Quadro 12 - Plano de Ação para a Etapa de Conclusão do método MASP.....	119

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABRADISTI	Associação Brasileira da Distribuição de Tecnologia da Informação
ASSESPRO	Federação das Associações das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DI	Declaração de Importação
EEE	Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
FIEPE	Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco
MASP	Método de Análise e Solução de Problemas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduos
ONGs	Organizações Não Governamentais
PADCT	Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PCI	Placas de Circuito Impresso
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PIRS	Planos Intermunicipais de Resíduos Sólidos
PL	Projeto de Lei
PLS	Projeto de Lei do Senado
PMGIRS	Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
POPs	Procedimentos Operacionais Padrão
REE	Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
REP	Responsabilidade Estendida do Produtor
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SMART	<i>Specific, Measurable, Achievable, Relevant e Time-bound</i>
TQM	Gestão da Qualidade Total
WEEE	<i>Waste Electrical and Electronic Equipment</i>

SUMÁRIO

1. Introdução.....	15
2 Referencial Teórico	20
2.1 A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o Acordo Setorial	20
2.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).....	20
2.1.2 Acordo Setorial para Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos.....	33
2.2 Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) – Brasil e Mundo.....	37
2.2.1 Sistema Europeu de Tratamento dos REEE.....	47
2.2.2 Lei de Reciclagem no Japão.....	47
2.2.3 A Gestão de REEE nos Estados Unidos da América.....	48
2.2.4 O Brasil e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).....	48
2.3 Logística Reversa	49
2.4 Aplicação da Gestão de Qualidade / Ferramentas de Qualidade	53
2.4.1 Melhoria Contínua	53
2.4.2 Ciclo PDCA (Detalhamento e Evolução)	55
2.4.3 Método DELPHI.....	56
2.4.4 MASP (Método de Análise e Solução de Problemas)	64
2.4.4.1 Identificação do Problema (Fase 1)	65
2.4.4.2 Observação (Fase 2).....	66
2.4.4.3 Análise (Fase 3).....	67
2.4.4.4 Plano de Ação (Fase 4).....	66
2.4.4.5 Execução do Plano de Ação (Fase 5).....	67
2.4.4.6 Verificação das Ações (Fase 6)	68
2.4.4.7 Padronização e Abrangência (Fase 7)	68
2.4.4.8 Conclusão e Reconhecimento da Equipe (Fase 8)	69
2.4.5 O melhoramento do ciclo PCDA com a aplicação do MASP	69
3. Material e Métodos	72
3.1 Delineamento da Pesquisa.....	72
3.2 Aplicação do Método DELPHI Simplificado.....	72
3.3 Seleção de Especialistas	76
3.4 Formulação das Questões	76
3.5 Atividades no Método DELPHI.....	79
3.6 Aplicação do Método MASP.....	81
4 Resultados e Discussões	84
5 Conclusão.....	121
Referências	122
Apêndice – Questionário Aplicado	128

1. INTRODUÇÃO

A urbanização intensificou-se com o avanço da industrialização e o crescimento das cidades, atraindo cada vez mais pessoas para os grandes centros urbanos. Embora esse processo tenha sido impulsionado por mudanças econômicas e sociais, muitas vezes ocorreu sem o planejamento necessário, mesmo quando já se reconhecia sua importância como ferramenta estratégica. Como consequência, o aumento da densidade populacional nas áreas urbanas intensificou a geração de resíduos sólidos, resultando em desafios ambientais significativos, como o acúmulo em lixões e aterros sanitários.

Os resíduos sólidos abrangem uma ampla gama de materiais descartados, incluindo resíduos domiciliares, industriais, hospitalares e eletrônicos. A palavra "resíduo" tem se tornado cada vez mais presente em debates ambientais e políticas públicas, dada a necessidade urgente de um gerenciamento adequado para minimizar os impactos ambientais e sociais. Entre as diversas categorias de resíduos sólidos, os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) vêm ganhando destaque, pois, decorrentes da inovação tecnológica, são considerados um dos grandes desafios do gerenciamento de resíduos sólidos (Oliveira; Galvão, 2016).

A rápida evolução tecnológica tem impulsionado a substituição frequente de dispositivos eletrônicos, resultando na aceleração do descarte de equipamentos obsoletos. Quando os REEE são analisados no contexto da inovação tecnológica, observa-se que a rápida geração de novos produtos, impulsionada pela modernização e miniaturização dos dispositivos, contribui diretamente para o aumento do volume desses resíduos. Paralelamente, a velocidade no descarte desses aparelhos desatualizados e ultrapassados tem crescido, ampliando os impactos ambientais relacionados ao seu acúmulo no meio ambiente (Pereira Júnior; Sardinha; Jesus, 2020).

Os REEE fazem parte de uma das categorias de resíduos sólidos que mais crescem no Brasil e no mundo. O gerenciamento inadequado desses resíduos pode resultar na contaminação do solo e da água por metais pesados e substâncias tóxicas presentes em sua composição, além de representar um desperdício de materiais valiosos que poderiam ser reaproveitados na cadeia produtiva. A busca por soluções eficazes exige colaboração em diferentes níveis — local, nacional e internacional — além de incentivos econômicos que promovam a participação da sociedade e do setor

privado em alinhamento com a esfera pública, visando minimizar os impactos ambientais e à saúde humana.

Nesse contexto, a Lei Federal nº 12.305/2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), representa um marco regulatório significativo para o enfrentamento dos desafios relacionados à gestão de resíduos no Brasil. A legislação introduziu instrumentos importantes para o avanço do país na mitigação dos problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes da gestão ineficaz dos resíduos sólidos urbanos e industriais (Brasil, 2010). No entanto, apesar do avanço representado pela PNRS, sua implementação ainda enfrenta dificuldades, especialmente no que se refere à fiscalização e à adesão dos municípios às diretrizes estabelecidas.

Um fator importante na emergência da prática da logística reversa dos REEE é o acordo setorial para a implantação de um sistema voltado aos produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes. Assinado em 2019, o acordo contou com a participação da União, fabricantes representados pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), distribuidoras e importadoras representadas pela Associação Brasileira da Distribuição de Tecnologia da Informação (ABRADISTI), empresas de TI representadas pela Federação das Associações das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação (ASSESPRO), além da Green Eletron e outras entidades gestoras. Seu objetivo principal é estruturar e implementar sistemas de logística reversa para esses produtos no mercado interno, em conformidade com a Lei nº 12.305/2010.

A partir desse contexto, a presente pesquisa foi delineada para investigar os desafios e perspectivas relacionados à implementação do Acordo Setorial. Assim, com base nos conhecimentos acumulados e nos casos apresentados, a problemática central da pesquisa foi formulada da seguinte maneira: **quais os *insights* e perspectivas de especialistas sobre o cumprimento de políticas públicas na gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos? Como deverão atuar a fim de atender as diretrizes do acordo setorial firmado?** Entende-se como especialistas pessoas pertencentes as empresas públicas e/ou privadas, como também associações e a população em geral que possuem conhecimento e/ou trabalham com resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, ou em áreas afins.

A pesquisa parte da hipótese de que a atual estrutura de gestão de REEE, baseada na PNRS e no Acordo Setorial, apresenta lacunas que limitam sua eficácia.

Nesse contexto, propõe-se que o uso integrado das metodologias Delphi e MASP (Método de Análise e Solução de Problemas) pode identificar gargalos críticos e propor soluções práticas para a implementação de sistemas de logística reversa mais eficientes e sustentáveis.

Do ponto de vista científico, a pesquisa contribui para a construção de um modelo interdisciplinar que combina fundamentos jurídicos, ambientais e gerenciais. Inicialmente, a análise foi fundamentada em aspectos da legislação ambiental brasileira, utilizando leis, normas, diretrizes e acordos como bases legais. A gestão e destinação adequada dos REEE foram discutidas sob perspectivas jurídicas, ambientais e sociais, reforçando a relevância do tema para o desenvolvimento sustentável e para a formulação de políticas públicas mais robustas.

A metodologia Delphi foi empregada devido à sua reconhecida eficácia em alcançar consenso entre especialistas e mapear *insights* em temas complexos. Considerando que a gestão dos REEE envolve múltiplos atores e diversas áreas de conhecimento, o Delphi permitiu coletar contribuições valiosas de especialistas, criando um panorama abrangente e integrado. Isso possibilitou a identificação de lacunas críticas e a priorização de ações para a melhoria dos sistemas existentes.

O estudo também se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial ao ODS 12 (Produção e Consumo Sustentáveis) e ao ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima). Ao propor práticas de logística reversa como solução para os desafios da gestão de REEE, a pesquisa contribui para o avanço da economia circular, promovendo a redução de impactos ambientais e incentivando práticas sustentáveis na cadeia produtiva.

Como parte da abordagem metodológica, foi utilizado o MASP para estruturar processos de análise e resolução de problemas. Essa metodologia oriunda da gestão da qualidade foi essencial para diagnosticar gargalos críticos e propor soluções práticas. Por meio de ferramentas de gestão da qualidade, como diagramas de causa e efeito e ciclos PDCA, foi possível transformar problemas identificados em oportunidades de melhoria organizacional e operacional. Essa abordagem metodológica reforça a interdisciplinaridade da pesquisa ao integrar elementos de gestão ambiental, administração e políticas públicas.

A contribuição científica deste estudo está em apresentar um modelo integrado e replicável para a gestão de REEE no Brasil, combinando rigor teórico com aplicabilidade prática. Ao incorporar metodologias robustas e alinhadas aos desafios

atuais, o estudo propõe soluções inovadoras que podem ser adotadas por diferentes atores da cadeia de resíduos, incluindo empresas, governos e a sociedade civil. Além disso, a pesquisa reforça a necessidade de colaboração entre áreas de conhecimento para enfrentar os desafios contemporâneos da sustentabilidade e da economia circular.

Esta pesquisa destaca a gestão adequada dos REEE como um tema estratégico para o Brasil, promovendo avanços técnicos e organizacionais que beneficiam tanto o meio ambiente quanto a sociedade. Embora tenha como ponto de partida um contexto regional, os desafios e soluções apresentados possuem características comuns em diferentes regiões do país, o que torna os resultados e as metodologias aplicáveis em âmbito nacional.

A integração das metodologias Delphi e MASP oferece um *framework* flexível e replicável, que pode ser adaptado a outras áreas de gestão de resíduos. Esse modelo não só contribui para a consolidação de práticas sustentáveis, como também serve de base para políticas públicas e iniciativas privadas que promovam a economia circular em escala nacional. Assim, a pesquisa apresenta um potencial significativo para fortalecer a eficiência e sustentabilidade na gestão de resíduos em todo o Brasil.

A tese está estruturada em cinco capítulos principais, começando com esta **Introdução**, que apresenta o contexto, relevância, objetivos e hipóteses da pesquisa. O **Referencial Teórico** fornece a base conceitual sobre a PNRS, logística reversa e ferramentas como Delphi e MASP. Em **Material e Métodos**, são detalhados o delineamento da pesquisa, a aplicação das metodologias e os procedimentos de coleta e análise de dados. Os **Resultados e Discussões** abordam as barreiras identificadas, as estratégias propostas e a aplicação do MASP para otimizar a gestão de REEE. Por fim, a **Conclusão** sintetiza os principais achados, destacando as contribuições científicas e práticas, além de indicar possibilidades de estudos futuros. A tese inclui ainda anexos com instrumentos utilizados e referências que fundamentam o estudo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o cumprimento das políticas públicas na gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, considerando as perspectivas de especialistas para compreender a eficácia das medidas implementadas e as possíveis áreas de melhoria.

1.1.2 Objetivos Específicos:

- Examinar as percepções dos especialistas sobre a eficácia das políticas públicas existentes na gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos;
- Identificar, com base nas opiniões dos especialistas, áreas específicas de melhoria nas práticas de gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos; e
- Propor recomendações para aprimorar a eficiência da gestão desses resíduos, utilizando a combinação das metodologias Delphi e MASP (Método de Análise e Solução de Problemas).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o Acordo Setorial

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o Acordo Setorial para Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos são iniciativas que visam promover a gestão adequada de resíduos no Brasil, com enfoque na responsabilidade compartilhada entre governo, empresas e sociedade para garantir uma destinação correta e sustentável dos resíduos.

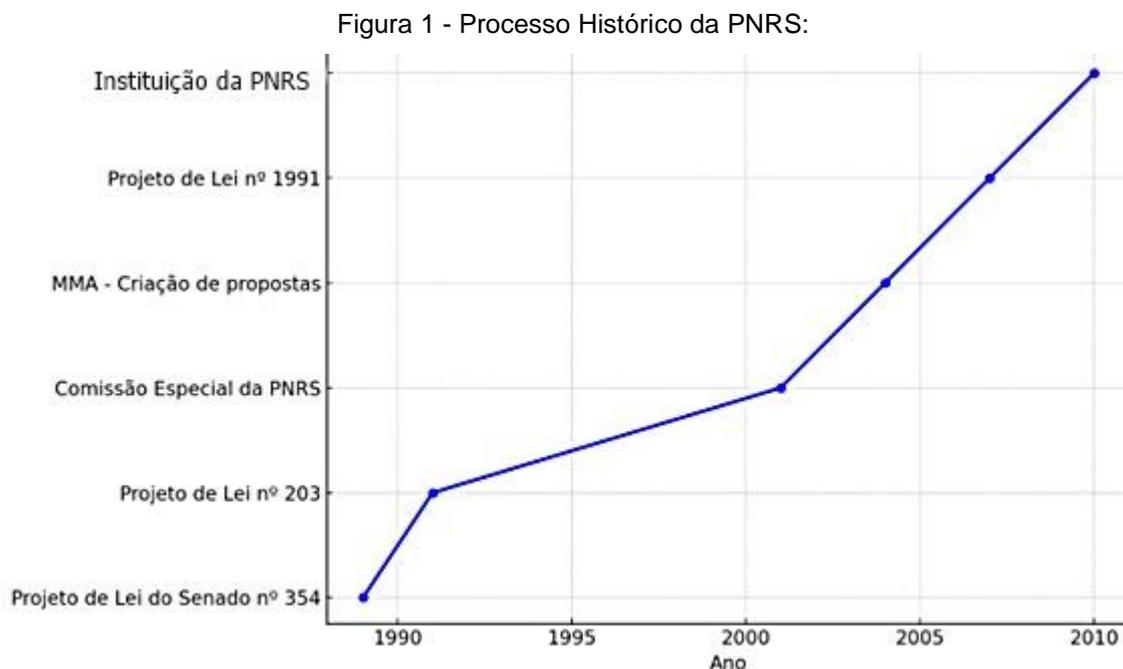
2.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

A gestão de resíduos sólidos no Brasil começou a ser debatida apenas na década de 1980, impulsionada por problemas socioeconômicos e ambientais decorrentes de práticas ineficientes, como o uso de lixões nas periferias urbanas e a ausência de recursos públicos para gestão integrada (Figueiredo, 2012; Figueiredo, 2020). Até então, os municípios desenvolviam planos isolados e tradicionais, voltados principalmente para coleta e disposição inadequadas.

A conscientização pública sobre o impacto ambiental desses resíduos aumentou após a cobertura midiática de violações relacionadas ao descarte inadequado. Isso motivou o Senado Federal a criar o PLS nº 354/1989, propondo diretrizes para acondicionamento, coleta e destinação de resíduos sanitários (Figueiredo, 2020). Posteriormente, o projeto foi transformado no PL nº 203/1991, que buscava regulamentar o setor nacionalmente. Apesar desses avanços iniciais, o PL enfrentou entraves políticos e só ganhou força em 2004, quando o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) promoveram debates e seminários para estruturar uma proposta mais abrangente (MMA, 2020).

A discussão foi retomada em 2007, quando o Congresso Nacional consolidou contribuições de diferentes atores sociais, como associações e federações, resultando no PL nº 1991/2007 (MMA, 2020). Após três anos de ajustes, a proposta foi sancionada como a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), marco legal regulamentado pelo Decreto nº 7.040/2010 (Figueiredo, 2020). A trajetória da PNRS demonstra o desafio de alinhar interesses diversos em

torno de uma política pública que busca integrar gestão ambiental, desenvolvimento sustentável e inclusão social, de acordo com a figura 1.



Fonte: O autor (2024).

Diante disso, a PNRS foi estabelecida constituindo princípios, objetivos e ferramentas, bem como as diretrizes relacionadas ao gerenciamento e gestão integrada dos resíduos sólidos, incluindo os resíduos perigosos, exceto, os rejeitos radioativos, às responsabilidades dos geradores e do poder público, e as aplicações de instrumentos econômicos (Brasil, 2010).

A PNRS também especifica os termos e definições para sua melhor compreensão, incluindo inovações como: logística reversa, acordos setoriais, responsabilidade compartilhada pelos ciclos de vida dos produtos e a distinção entre resíduos sólidos e rejeitos (Lavnitcki; Baum; Becegato, 2018). Ainda, no artigo 3 da PNRS define os geradores de resíduos sólidos como sendo pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo.

De acordo com Maya *et al.* (2014), apesar do processo moroso, a PNRS é uma Lei moderna e com diferentes inovações, articulando conceitos importantes para a compreensão das questões ambientais relacionadas aos resíduos sólidos. Nesse contexto, a PNRS reúne princípios, objetivos e instrumentos, que são apresentados

na Quadro 1, inter-relacionados com outras leis que devem ser aprovadas pelo governo federal isoladamente ou em conjunto com estados, distrito federal e municípios, para a gestão integrada e adequação ambiental dos resíduos sólidos.

Quadro 1 – Os princípios, objetivos e instrumentos da PNRS:

Princípios (art. 6)	Objetivos (art. 7)	Instrumentos (art. 8)
Prevenção e a precaução	Proteção da saúde pública e da qualidade ambiental	Planos de resíduos sólidos
Poluidor-pagador e o protetor-recebedor	Não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.	Inventários e o sistema declaratório anual de resíduos sólidos
Visão sistêmica	Adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços	Coleta seletiva e logística reversa
Desenvolvimento sustentável	Adoção de tecnologias limpas	Incentivo à criação e desenvolvimento de cooperativa ou associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis
Ecoeficiência	Redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos	Monitoramento e a fiscalização ambiental
Cooperação	Incentivo à indústria da reciclagem	Pesquisa científica e tecnológica
Responsabilidade compartilhada	Gestão integrada de resíduos sólidos	Educação ambiental

Resíduo sólido gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania	Capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos	Incentivos fiscais, financeiros e creditícios
Respeito às diversidades locais e regionais	Regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos	Fundo Nacional do Meio Ambiente e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Direito da sociedade à informação e ao controle social	Prioridade, nas aquisições e contratações governamentais	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir);
Razoabilidade e a proporcionalidade	Integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos	Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (Sinisa)
	Estímulo à implantação da avaliação do ciclo de vida do produto	Conselhos de meio ambiente
	Incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial	Órgãos colegiados municipais
	Estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável	Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos

		Acordos setoriais
		Termos de compromisso e os termos de ajustamento de conduta
		Incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados

Fonte: BRASIL, 2022.

Machado (2012) destaca a relevância dos princípios instituídos na Lei nº 12.305/2010, que fornecem diretrizes claras para a interpretação eficiente de seus dispositivos. Esses princípios devem ser compreendidos de maneira sistêmica, considerando suas definições (art. 3º), objetivos (art. 7º), disposições gerais (art. 4º) e instrumentos (art. 8º). Essa abordagem garante uma aplicação coerente e eficaz da legislação, promovendo a integração entre os diferentes atores envolvidos.

Os princípios da precaução e da prevenção reforçam a importância de evitar danos ambientais antes que ocorram, mesmo na ausência de certeza científica (Marotti; Pereira; Pugliesi, 2017). Essa postura é essencial para lidar com a crescente complexidade dos impactos ambientais, exigindo ações proativas que minimizem riscos e promovam a sustentabilidade. No entanto, sua eficácia depende de ferramentas práticas e mecanismos de monitoramento que garantam sua implementação.

O princípio da visão sistêmica na gestão de resíduos sólidos engloba variáveis ambientais, sociais, culturais, econômicas, tecnológicas e de saúde pública, demandando uma abordagem integrada (Machado, 2012). Esse princípio contrasta com a visão linear tradicional, ao propor a análise interconectada dos fatores envolvidos, reconhecendo que soluções isoladas tendem a ser ineficazes. Essa abordagem metodológica destaca-se como um avanço para a gestão ambiental, mas exige investimentos em capacitação e infraestrutura para ser plenamente implementada (Guerra, 2012).

O princípio do desenvolvimento sustentável, fundamental nas questões ambientais, visa aliar o crescimento econômico à preservação dos ativos ambientais e sociais, garantindo qualidade de vida às gerações presentes e futuras (Pereira, 2012). Esse princípio incentiva o setor produtivo a adotar práticas limpas, alinhando interesses econômicos com a responsabilidade socioambiental. Contudo, sua aplicação enfrenta barreiras, como resistências culturais e falta de incentivos econômicos para transição tecnológica.

Entre os princípios da PNRS, destaca-se o da cooperação, que exige a participação ativa de todos os atores sociais na formulação e execução de políticas públicas de resíduos sólidos (Guerra, 2012). Esse princípio transcende a legislação ao demandar uma mudança cultural na forma como empresas, governos e cidadãos percebem sua responsabilidade na gestão de resíduos. Ele também reflete a necessidade de consolidar parcerias que promovam soluções coletivas, algo ainda pouco difundido no cenário brasileiro.

Outro ponto central é o reconhecimento dos resíduos sólidos como bens econômicos e sociais, que geram emprego e promovem a cidadania. Esse princípio incentiva o desenvolvimento da indústria de reciclagem e a valorização de cooperativas, promovendo a inclusão social (Arantes; Pereira, 2020). Além disso, ao integrar os catadores no ciclo de vida do produto, reconhece-se sua relevância econômica e social, combatendo a exploração e garantindo sua emancipação (Aragão, 2020). Apesar de seus benefícios, a implementação desse princípio enfrenta desafios, como o fortalecimento de cooperativas e a regularização do trabalho informal.

O princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos distribui os deveres entre fabricantes, distribuidores, consumidores e gestores públicos, minimizando resíduos e reduzindo os impactos ambientais (Brasil, 2010). Essa abordagem democratiza a gestão de resíduos e fomenta uma ação conjunta que promove a sustentabilidade (Milaré; Milaré; Franco, 2012). No entanto, sua aplicação prática ainda é limitada pela falta de infraestrutura para coleta seletiva e pela baixa conscientização dos consumidores.

Os objetivos da PNRS são metas a serem alcançadas que auxiliam na regulamentação da gestão e manejo dos resíduos. Entre esses objetivos estão “a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental” (art. 7, inciso I), gestão integrada de resíduos sólidos e a orientação para a ordem de prioridade para a gestão dos

resíduos que deve ser seguida pelos geradores começando pela não geração e terminando na destinação adequada dos rejeitos em aterros sanitários, conforme mostrado na figura 2 (Brasil, 2010; Almeida, 2014).

Figura 2 - Ordem de prioridade para a gestão e manejo dos resíduos:



Fonte: adaptado de BRASIL, 2010.

A gestão integrada de resíduos sólidos pode ser entendida como a inserção de todas as ações voltadas à implantação de soluções, procedimentos e normas. O maior desafio deste objetivo é a articulação entre os entes federativos e outros atores sociais envolvidos na gestão dos resíduos sólidos (Almeida, 2014).

Outra questão amplamente discutida é a integração efetiva dos catadores, conforme estabelece a Lei, "[...] o titular dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos priorizará a organização e o funcionamento de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis [...]" (Brasil, 2010, art. 36, § 1o). No entanto, não há mecanismo para tornar essa relação obrigatória, apontando apenas para incentivos fiscais e financeiros (Nascimento Neto; Moreira, 2010).

Diante disso, uma questão importante é que os municípios nem sempre estão cientes da necessidade urgente de implantação de sistemas de reciclagem de resíduos sólidos com a participação de catadores. Ainda, os riscos dos sistemas de logística reversa fazem com que os catadores percam a autonomia, tornando-os vulneráveis às necessidades das empresas (Nascimento Neto; Moreira, 2010).

Em relação aos instrumentos é válido salientar os planos de resíduos sólidos, a coleta seletiva, a logística reversa e a educação ambiental. Os planos de resíduos sólidos são descritos no artigo 12 da política que prevê seis diferentes tipos de planejamento que devem ser referenciados e seguidos de forma clara e cooperativa entre os diversos entes federativos, conforme mostra a figura 3 (Almeida, 2014).

Figura 3 - Planos de resíduos sólidos:



Fonte: BRASIL, 2010.

Esses planos são ferramentas essenciais para a gestão adequada e integrada dos resíduos sólidos e devem garantir o controle social durante as fases de formulação, implantação e operação. Entre eles, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) tem grande importância para os órgãos e entidades da administração pública (Almeida, 2014).

A elaboração de planos nacionais, estaduais, microrregionais, intermunicipais, municipais e de gestão de resíduos sólidos é um componente essencial da gestão integrada. Estes programas são executados por entidades federais como os governos federal, estadual e municipal e devem abordar os seguintes temas: coleta seletiva, reciclagem, inclusão social e engajamento da sociedade civil (Almeida, 2014).

O PGRS é abordado no art. 20 da PNRS e é um documento onde são listados os tipos e as quantidades dos resíduos gerados e quais práticas serão tomadas para sua destinação correta. Neste mesmo artigo são informados também os responsáveis pela elaboração deste documento, que são os geradores de resíduos citados no inciso I do art. 13 que aborda sobre a classificação dos resíduos sólidos quanto à origem e periculosidade, sendo demonstrado no quadro 1.

Quadro 1 – Classificação dos Resíduos quanto à origem:

Quanto à Origem	
Resíduos domiciliares	Gerados de atividades domésticas de residências urbanas.
Resíduos de limpeza urbana:	Originados de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.
Resíduos sólidos urbanos	Englobam os resíduos domiciliares e de limpeza urbana
Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	Originados dos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como supermercados, bancos, sapatarias, bares, entre outros, exceto os resíduos de limpeza urbana, de saneamento, de saúde, construção civil e serviços de transporte.
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Originados nas atividades de serviços públicos de saneamento, exceto resíduos sólidos urbanos (coleta e tratamento de água e esgoto, drenagem etc.).
Resíduos industriais	Gerados nos processos produtivos e instalações industriais.
Resíduos serviços de saúde	Originados de serviços de saúde
Resíduos de construção civil	Gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis.

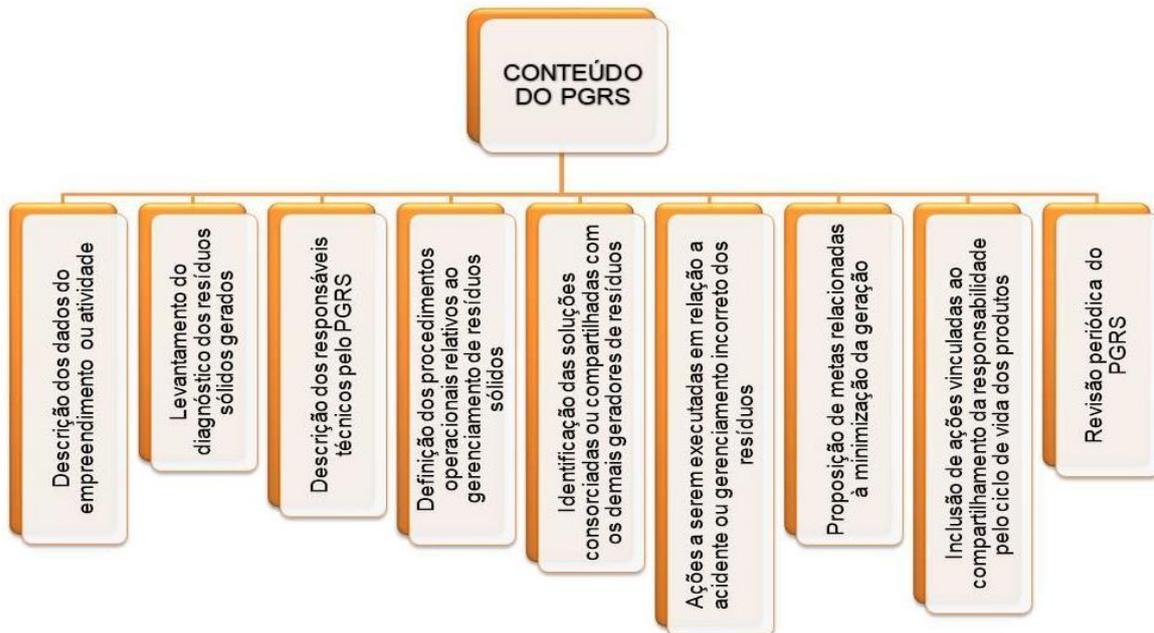
Resíduos agrossilvopastoris:	Gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades.
Resíduos de serviços de transportes:	Originados em portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira.
Resíduos de mineração	Resíduos resultantes de processos de mineração em geral.
Quanto à Periculosidade	
Resíduos perigosos	São aqueles que devido suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam risco à saúde pública ou à qualidade ambiental.
Resíduos Não perigosos	São aqueles que não possuem as características dos resíduos perigosos, mas podem ser biodegradáveis, combustíveis e solúveis em água.

Fonte: BRASIL, 2010.

Entretanto, existem resíduos informados no quadro 1, segundo a PNRS que os geradores não são obrigados a elaborar PGRS que são: os resíduos sólidos urbanos domiciliares e de limpeza urbana, originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

No art. 21 é descrito o conteúdo mínimo de como as empresas geradoras de resíduos devem desenvolver o seu PGRS, sendo estas informações apresentadas no fluxograma da figura 4.

Figura 4 - Fluxograma do conteúdo do PGRS:



Fonte: Elaborado de BRASIL, 2010.

Na confecção do PGRS é necessário que estejam contidas todas as etapas para a execução do gerenciamento dos resíduos que se inicia na segregação dos resíduos até a destinação final, conforme apresentado na figura 5.

Figura 5 - Etapas de execução do PGRS:



Fonte: ALMEIDA, 2014.

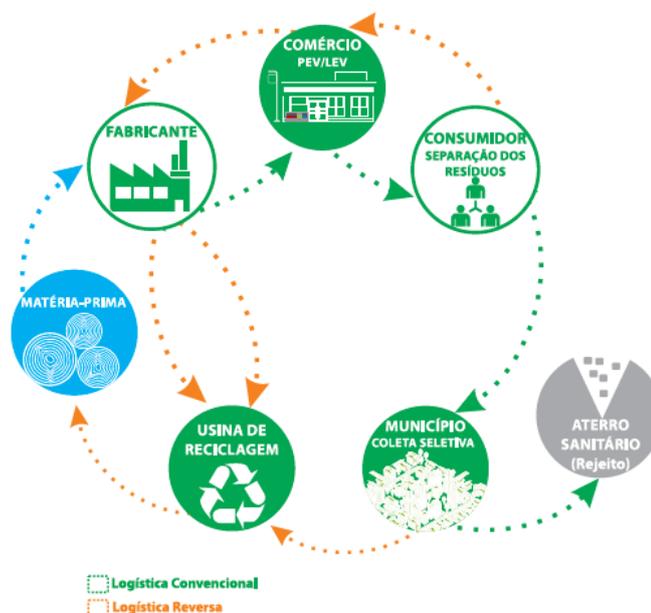
Além desses itens é preciso que exista o comprometimento da alta administração. Este compromisso é requisito indispensável para que haja uma efetiva

política de responsabilidade socioambiental que informe a gestão dos resíduos como uma questão fundamental para empresa e para a sociedade (Almeida, 2014).

Em relação à coleta seletiva a PNRS informa sua definição como sendo a “coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição”. A CONAMA de nº 275/2001 recomenda a adoção de cores para programas de coleta seletiva que são: Azul: papel/papelão; vermelho: plástico; verde: vidro; amarelo: metal; preto: madeira; laranja: resíduos perigosos; branco: resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde; roxo: resíduos radioativos; marrom: resíduos orgânicos; cinza: resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação.

A logística reversa, conforme a Lei 10.305/2010, é um instrumento de desenvolvimento econômico e social que viabiliza a devolução de produtos consumidos ao setor empresarial, permitindo seu reaproveitamento no mesmo ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou ainda, sua destinação final de maneira ambientalmente adequada. Em essência, trata-se do percurso realizado pelo produto após sua venda e consumo, de acordo com a figura 6 (Almeida, 2014).

Figura 6 - Sistema de logística reversa:



Fonte: ALMEIDA, 2014.

No art. 33 da PNRS estabelece que a implantação do sistema de logística reversa é obrigatória aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, e vapor de sódio e mercúrios e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes; embalagens em geral (plásticas, metálicas ou de vidro).

A educação ambiental, diferentemente da logística reversa, é menos debatida no âmbito da responsabilidade compartilhada, mas sua importância é evidente para conscientizar a sociedade. A logística reversa depende do correto descarte dos resíduos, o que exige educação e sensibilização. A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), instituída pela Lei nº 9.975/99, define a educação ambiental como um processo que desenvolve valores, conhecimentos e habilidades para proteger o meio ambiente, sendo essencial para consolidar a PNRS (Brasil, 1999; Domingues; Guarneri; Streit, 2016). No entanto, a implementação dessas diretrizes enfrenta desafios, como a baixa integração entre educação formal e iniciativas comunitárias, que limitam seu alcance.

A PNRS estabelece proibições claras quanto à destinação inadequada de resíduos sólidos, como o descarte em corpos hídricos, a queima a céu aberto (com exceções sanitárias) e práticas como catação e uso de rejeitos para alimentação (Brasil, 2010). Essas medidas refletem o avanço na regulamentação ambiental, mas esbarram na fiscalização deficiente e na ausência de infraestrutura adequada em muitos municípios.

O Novo Decreto nº 10.936/2022 trouxe mudanças significativas na regulamentação da PNRS, consolidando instrumentos como a logística reversa, que agora é obrigatória para fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de certos produtos (Brasil, 2022). Entre as novidades, destaca-se a criação do Programa Nacional de Logística Reversa, que inclui medidas como o uso de produtos usados como parte do pagamento de novos, a obrigatoriedade de emitir o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) e o fortalecimento do Sistema Nacional de Informações de Resíduos (SINIR). Essas mudanças visam otimizar a operacionalização da logística reversa e promover maior transparência e controle, mas sua implementação depende de maior adesão por parte dos agentes econômicos e sociais.

O novo decreto também estabelece a recuperação energética de resíduos inflamáveis, desde que existam instalações licenciadas em um raio de 150 km, além de exigir que micro e pequenas empresas apresentem planos de gerenciamento de

resíduos sólidos (PGRS) no SINIR. Essas disposições representam avanços técnicos e regulatórios, mas enfrentam desafios como a adaptação de empresas menores e a necessidade de fiscalização eficiente.

Como marco regulatório, a PNRS é mais do que uma política ambiental; ela redefine a relação entre resíduos e sociedade ao promover a cidadania ecológica e a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis (Aragão, 2020). A logística reversa, como um dos pilares dessa política, transforma resíduos em recursos econômicos e sociais, gerando emprego e renda e incentivando uma visão mais sustentável da produção e consumo. No entanto, seu sucesso depende de mudanças culturais profundas, da articulação entre estados e municípios e do fortalecimento das cooperativas de catadores.

Além disso, a PNRS prioriza os princípios dos 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar) para modificar hábitos e atitudes da sociedade brasileira (Aragão, 2020). Essa abordagem amplia o papel dos resíduos, que passam de passivos ambientais para ativos econômicos, promovendo uma economia mais circular. No entanto, a falta de incentivos econômicos e a baixa conscientização pública continuam sendo barreiras significativas à concretização desses princípios.

De maneira geral, a PNRS combina aspectos ambientais, sociais, econômicos e culturais para construir um modelo sustentável de gestão de resíduos. Apesar dos avanços legais, a efetividade da política depende da articulação entre os diversos atores envolvidos e da capacidade de estados e municípios de implementar medidas como a coleta seletiva e os planos de gestão integrada de resíduos sólidos (Pereira, 2012; Marotti; Pereira; Pugliesi, 2017).

Por fim, ao integrar conceitos como responsabilidade compartilhada, justiça ambiental e inclusão social, a PNRS apresenta-se como uma política inovadora e abrangente. Contudo, para alcançar todo seu potencial, ainda há um longo caminho na capacitação técnica, na conscientização pública e na fiscalização ambiental. A combinação de esforços entre poder público, setor privado e sociedade é fundamental para mitigar os impactos ambientais e alcançar o ideal de desenvolvimento sustentável no Brasil (Alves; Veloso, 2018).

2.1.2 Acordo Setorial para Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos

O Acordo Setorial para Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos, implementado em 2019 como parte das exigências da Política Nacional de Resíduos

Sólidos (PNRS), estabelece responsabilidades compartilhadas entre fabricantes, distribuidores, importadores e comerciantes para assegurar a coleta, reciclagem e destinação ambientalmente adequada de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE). Sua implementação apresenta avanços e desafios, com a efetividade monitorada para atingir as metas previstas até 2025.

Desde sua implementação, o Acordo Setorial tem promovido o desenvolvimento de uma infraestrutura crescente para a coleta e reciclagem de REEE. Entre as principais conquistas está o aumento gradual do número de pontos de coleta, com a meta de alcançar mais de 5.000 locais de coleta até 2025, em 400 dos maiores municípios do Brasil, o que deverá cobrir cerca de 60% da população. Em 2021, mais de 1.960 toneladas de REEE foram recolhidas, um progresso significativo, mas ainda abaixo do volume total estimado de resíduos gerados no país. As entidades *Green Eletron* e Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos têm desempenhado papéis fundamentais na coordenação desses esforços (Vargas *et al.*, 2024).

A *Green Eletron* foi fundada em 2016 pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) como uma entidade gestora sem fins lucrativos. Seu objetivo é operar a logística reversa de pequenos e médios equipamentos eletroeletrônicos, como celulares, notebooks e tablets, para empresas associadas à ABINEE e outras que atendem às exigências da PNRS. A *Green Eletron* tem expandido suas operações e em 2020, já contava com mais de 520 toneladas de resíduos eletrônicos reciclados e 173 pontos de coleta em várias regiões do Brasil (Green Eletron, 2020). A expectativa é que a entidade continue crescendo, impulsionada pelo acordo setorial, e amplie suas unidades de coleta e reciclagem.

A Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos também desempenha um papel fundamental no gerenciamento da logística reversa de eletroeletrônicos. Em 2020, essa associação contava com 29 associados, representando 98 marcas, que colocaram cerca de 85% dos produtos eletroeletrônicos no mercado brasileiro. A associação trabalha em parceria com grandes marcas para assegurar que os resíduos eletrônicos sejam coletados e reciclados de forma eficiente, cumprindo as metas estabelecidas pelo acordo setorial (Vargas *et al.*, 2024).

Um estudo de caso realizado em Florianópolis destacou a importância da colaboração entre o setor privado, destacou Vargas *et al.*, (2024) onde os provedores

de serviços municipais e os recicladores, promovendo uma maior conscientização e eficiência no gerenciamento dos resíduos eletrônicos. Essa colaboração tem gerado benefícios socioambientais, além de fortalecer o mercado formal de reciclagem, que segue os princípios da economia circular.

Entretanto, a implementação plena da logística reversa de REEE ainda enfrenta barreiras consideráveis. Um dos maiores desafios é a distribuição desigual de pontos de coleta, que se concentram principalmente em grandes centros urbanos, deixando áreas rurais e municípios menores sem acesso adequado. Outro obstáculo significativo é a falta de adesão de alguns setores da indústria ao acordo, o que dificulta o cumprimento das metas estabelecidas (Vieira *et al.*, 2020).

Além disso, a conscientização do consumidor sobre o descarte correto dos eletroeletrônicos ainda é insuficiente. Muitos consumidores não conhecem os pontos de coleta ou subestimam os danos ambientais causados pelo descarte inadequado. Para melhorar essa situação, o Decreto nº 10.240/2020 estipulou fases de implementação, sendo a primeira voltada para a estruturação do sistema e a segunda focada em ampliar a conscientização pública e a participação ativa dos consumidores (Vargas *et al.*, 2024).

Outras dificuldades incluem a logística em um país de dimensões continentais, o que eleva os custos de transporte e dificulta a operacionalização de um sistema nacional de coleta e reciclagem (Vargas *et al.*, 2024). Empresas participantes têm enfrentado desafios relacionados à criação de uma infraestrutura capaz de lidar com grandes volumes de resíduos dispersos geograficamente, e algumas companhias relutam em aderir completamente ao sistema devido a essas complicações logísticas (Vieira *et al.*, 2020).

O Acordo Setorial conta com a participação de diversas empresas do setor eletroeletrônico, incluindo grandes fabricantes, importadores e distribuidores. As entidades *Green Eletron* e Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos coordenam o gerenciamento dos pontos de coleta, garantindo a destinação adequada dos resíduos recolhidos. Entre as empresas envolvidas estão marcas globais e grandes *players* nacionais do setor de eletroeletrônicos, que colaboram para cumprir as metas estabelecidas pelo acordo (Vargas *et al.*, 2024).

A Quadro 2 a seguir correlaciona os principais aspectos da PNRS e do Acordo Setorial, destacando suas complementariedades, avanços e desafios na implementação da logística reversa de produtos eletroeletrônicos no Brasil.

Quadro 2: Correlação PNRS e o Acordo Setorial:

Aspecto	Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)	Acordo Setorial para Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos (Acordo Setorial)
Base Legal	Lei nº 12.305/2010	Assinado em 2019, regulamentado pelo Decreto nº 10.240/2020
Objetivo Principal	Promover a gestão integrada e ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, com responsabilidade compartilhada	Estabelecer a logística reversa de produtos eletroeletrônicos, promovendo a coleta, reciclagem e destinação ambientalmente correta
Responsabilidade Compartilhada	Fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, poder público e consumidores	Fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são responsáveis pela implementação de sistemas de logística reversa
Instrumentos de Implementação	Incentivos econômicos, acordos setoriais, termos de compromisso e regulamentos específicos	O Acordo Setorial é o principal instrumento, com metas e fases de implementação definidas até 2025
Cobertura Geográfica	Nacional, com foco na adequação de sistemas em municípios de todos os tamanhos	Mais de 5.000 pontos de coleta a serem instalados até 2025, cobrindo 60% da população nos 400 maiores municípios do Brasil
Logística Reversa	Um dos principais instrumentos da PNRS para reintrodução de resíduos na cadeia produtiva, reduzindo a necessidade de novos recursos	O Acordo Setorial é um exemplo prático da implementação da logística reversa prevista na PNRS
Metas de Coleta	Metas gerais para promover a economia circular e reduzir o impacto ambiental de resíduos, incluindo eletroeletrônicos	Coleta de 1.960 toneladas de resíduos em 2021, com meta de expandir para 5.000 pontos de coleta até 2025
Desafios	A conscientização limitada do público, a cobertura desigual e a falta de infraestrutura revelam falhas compartilhadas entre sociedade em geral	Desigualdade na distribuição de pontos de coleta, baixa adesão de alguns setores industriais, falta de conscientização do consumidor

Avanços Recentes	Expansão de políticas de incentivo à economia circular e aumento de regulamentações para setores específicos	Expansão da infraestrutura de coleta, com entidades como Green Eletron e Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos liderando a reciclagem e destinação adequada de resíduos
Complementariedade	A PNRS estabelece as bases jurídicas e conceituais para a gestão de resíduos, incluindo o conceito de logística reversa	O Acordo Setorial complementa a PNRS com ações práticas específicas para o setor de eletroeletrônicos, detalhando metas, responsabilidades e prazos

Fonte: O autor (2024).

A análise comparativa entre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o Acordo Setorial para Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos evidencia a complementariedade entre as duas iniciativas. Enquanto a PNRS estabelece a base legal e conceitual para a gestão de resíduos no Brasil, o Acordo Setorial implementa ações específicas para o setor de eletroeletrônicos, com metas claras e responsabilidades compartilhadas. Embora ambos os instrumentos tenham avançado na criação de uma infraestrutura de coleta e reciclagem, desafios como a desigualdade na distribuição de pontos de coleta e a falta de conscientização pública ainda persistem.

O sucesso dessas iniciativas depende de uma colaboração contínua entre governo, indústria e sociedade, além de maiores esforços para expandir a conscientização e o acesso ao sistema de logística reversa em todo o território nacional.

2.2 Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) – Brasil e Mundo

O acúmulo de resíduo eletrônico não foi previsto pelos produtores nem pela sociedade. Mattos (2008) reforça essa afirmação ao dizer que o campo da tecnologia da informação não era tradicionalmente considerado poluente.

O aumento excessivo no descarte de resíduos eletroeletrônicos, destacado por argumentos, estudos, debates de pesquisas, tem gerado muitas discussões sobre o que pode ser colocado para reaproveitar todos os resíduos, que acaba sendo depositado em aterro e posteriormente contaminam o solo, liberando metais no meio ambiente. Em todo o mundo, estima-se que a geração de resíduos seja de 50 milhões

de toneladas e, na maioria dos casos, o descarte é livre de preocupações (Paumann *et al.*, 2018).

O Brasil é o quinto maior gerador de resíduos eletrônicos no mundo, com mais de 2 milhões de toneladas descartadas em 2019, mas menos de 3% desse volume é reciclado. O país enfrenta desafios significativos na conscientização da população e na criação de infraestrutura adequada para descarte correto, sendo que 25% dos brasileiros nunca levaram seus resíduos eletrônicos a um Ponto de Entrega Voluntária (PEV). Além disso, grande parte da população guarda eletroeletrônicos sem utilidade em casa, como celulares, modems e notebooks, enquanto o descarte inadequado ainda prevalece, principalmente devido à falta de informações e de pontos de coleta acessíveis (Green Eletron, 2021).

Em 2012, estimou-se que o número de computadores no Brasil alcançaria 100 milhões de unidades. Considerando a vida útil dos equipamentos eletrônicos, de três a cinco anos, grande parte deles acabaria se transformando em desperdício tecnológico. Além disso, projetou-se que mais de 80 milhões de telefones celulares seriam introduzidos no mercado anualmente, mas apenas 2% seriam descartados corretamente. Os outros 98% permaneceriam acumulados em residências ou descartados de forma inadequada, agravando os problemas ambientais (Ferreira, Silva & Galdino, 2010).

A crescente preocupação com as questões socioambientais, intimamente relacionadas à gestão de resíduos sólidos, é uma discussão relevante cujo entendimento pode ser englobado pela educação por meio da abordagem de estudos em ciência, tecnologia. A gestão de resíduos sólidos engloba um conjunto de ações de medidas, realizadas direta ou indiretamente, e diversas etapas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos. A sua aplicação visa reduzir a produção destes resíduos, garantindo a sua recolha, o seu armazenamento, o seu transporte e a sua destinação final adequada (Ferreira, Silva & Galdino, 2010).

Entre os diversos materiais analisados, os resíduos eletrônicos, conhecidos como REEE, destacam-se por sua relevância. Esses resíduos incluem itens como TVs, geladeiras e computadores, que possuem componentes como as Placas de Circuito Impresso (PCI), fundamentais para o funcionamento dos equipamentos eletroeletrônicos. Contudo, quando descartados inadequadamente em lixões ou aterros, esses materiais representam uma ameaça significativa ao meio ambiente

devido ao seu potencial contaminante (De Freitas Cabral, Conceição & De Oliveira Magnago, 2020).

Esse cenário é agravado pelo aumento no volume de resíduos eletrônicos, que muitas vezes são descartados em lixões ou até queimados, sem as devidas precauções, resultando em impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana. Apesar dessa situação, algumas iniciativas positivas surgiram, com fabricantes se comprometendo a coletar esses resíduos e enviá-los para empresas especializadas em reciclagem no exterior, buscando mitigar os danos causados (Favera, 2008).

A Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, determina no artigo 33 que a responsabilidade pela estruturação e implementação de sistemas de logística reversa recai sobre fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes (Brasil, 2010).

Apesar de ser um problema relativamente recente, os dados indicam que os resíduos eletrônicos estão aumentando rapidamente em escala global (Brasil, 2010). A gestão desses materiais não depende apenas de regulamentações, mas também exige esforços coordenados de grupos, instituições e organizações comprometidas com práticas sustentáveis. Atualmente, os resíduos eletrônicos representam um grave desafio ambiental, com milhões de toneladas sendo geradas anualmente em todo o mundo.

O grande volume de resíduos eletrônicos gera uma elevada demanda por matérias-primas, exemplificada pelo fato de que a fabricação de um único computador pode consumir até duas toneladas de materiais. Esse cenário apresenta um sério problema ambiental, já que muitos dos componentes eletrônicos contêm metais pesados que, quando descartados de forma inadequada, causam danos significativos ao meio ambiente (Mattos, 2008).

Para enfrentar e minimizar esse problema, o governo aprovou, em 30 de junho de 1999, a Resolução 257 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que regulamenta a coleta de equipamentos eletrônicos no Brasil. De acordo com o artigo 13 da resolução, os componentes eletrônicos, como baterias de uso doméstico, devem ser descartados em aterros devidamente autorizados. A norma também estipula limites para a presença de substâncias como mercúrio e cádmio em sua composição, conforme estabelecido nos artigos 5º e 6º da resolução.

A legislação, contudo, não estabelece controle sobre metais como zinco e manganês, que representam cerca de 48% da composição média das baterias de

zinco-carbono, devido ao menor valor atribuído a esses metais em comparação com outros (Hurd *et al.*, 1993). Ainda assim, embora sejam essenciais para os seres vivos em pequenas quantidades, zinco e manganês tornam-se altamente tóxicos quando presentes em concentrações elevadas.

Esses índices são atribuídos à velocidade de desenvolvimento deste equipamento. Outro fator a considerar nos REEE é a contribuição do mercado elétrico e eletrônico ilegal. Isso se deve às dificuldades enfrentadas pelos órgãos reguladores e fiscalizadores no controle do comércio ilegal desses produtos (Caetano *et al.*, 2019).

Com o objetivo de aprimorar o controle sobre os REEE, os países da União Europeia implementaram, em 2003, um tratado que prioriza a redução na geração, o descarte responsável, a reciclagem e o reaproveitamento desses resíduos para outros fins (Schneider, 2019). Esse acordo estabeleceu uma meta de redução de resíduos eletroeletrônicos de 4 kg por habitante ao ano, meta que foi alcançada pela maioria dos países participantes. Esse avanço foi impulsionado pela valorização dos metais presentes nos REEE, que possuem alto potencial de reaproveitamento (Caetano *et al.*, 2019).

Em 4 de novembro de 2008, o CONAMA publicou a Resolução nº 401, que substituiu a Resolução nº 257, com o objetivo de reforçar a proteção ambiental. Essa nova resolução determina que pilhas e baterias usadas, desde que dentro dos limites permitidos de metais pesados, não podem ser descartadas de forma inadequada, devendo ser encaminhadas para uma destinação ambientalmente adequada (Gbedemah, 2020).

Segundo Ruediger Kuehr (2008), o aumento na produção de eletrônicos resultou em uma maior demanda por materiais utilizados na fabricação de componentes, especialmente metais pesados, enquanto sua oferta diminuiu e os preços subiram. O autor destaca que os altos picos de preços de elementos como zinco, cobre, chumbo e platina indicam que a manutenção da oferta a preços competitivos não será sustentável a longo prazo, a menos que sejam implementados ciclos eficientes de reciclagem para recuperar esses materiais de produtos obsoletos.

No Brasil, estudos indicam que muitas associações de catadores de materiais recicláveis enfrentam problemas relacionados à falta de conhecimento sobre o potencial tóxico dos materiais que manipulam, frequentemente recuperando metais de maneira artesanal. Componentes de dispositivos eletrônicos contêm substâncias perigosas como chumbo, cádmio, mercúrio, bifenilos policlorados e éter difenílico

polibromado. Quando incinerados de forma inadequada, esses materiais podem gerar outras toxinas, como dioxinas e furanos, aumentando os riscos ambientais e à saúde humana (Franco, Lange, 2011).

Diversos estudos têm sido conduzidos em áreas onde a recuperação de materiais ocorre de maneira inadequada, incluindo análises de sedimentos, solos, partículas e a presença de contaminantes em cabelos e no organismo humano. Em países desenvolvidos, essa questão tem sido amplamente abordada devido à existência de regulamentações que exigem a responsabilidade pelo gerenciamento de produtos no pós-consumo, além de legislações que restringem o uso de substâncias tóxicas na fabricação de equipamentos eletrônicos (Da Silva, Pimenta & De Souza Campos, 2013).

No Brasil, as pesquisas sobre o tema ainda são particularmente voltadas para a boa gestão de resíduos. Os estudos apresentados por Franco e Lange (2011) sobre o potencial de REEE no Brasil de 2002 a 2016 têm uma produção média anual que corresponde a 493.400 toneladas, este total representando uma média per capita de 2,6 kg/ano. No entanto, entre 2012 e 2020, houve uma variação significativa na geração de resíduos eletrônicos, com valores que variaram de 3,1 a 10,2 kg/anos, por habitante, demonstrando um aumento expressivo na produção de REEE ao longo dos anos (Santos; Xavier, 2021).

A cultura do consumo se estrutura em um mercado orientado para a obtenção de lucros crescentes, onde o estímulo contínuo à aquisição de bens e serviços é essencial para manter o dinamismo econômico. Nesse contexto, a lógica econômica baseia-se na necessidade de intensificar a produção e impulsionar o consumo, criando um ciclo constante de oferta e demanda que sustenta o crescimento do mercado e promove a expansão econômica. Essa dinâmica, por sua vez, molda comportamentos sociais e reforça a percepção de que o consumo é um motor indispensável para o desenvolvimento (Siqueira & Moraes, 2009).

O resíduo eletrônico é classificado como um resíduo sólido de coleta obrigatória, representando um sério problema ambiental e de saúde pública desde sua produção até o descarte final. Esses resíduos contêm materiais altamente tóxicos, conhecidos como "substâncias silenciosas", como mercúrio, cádmio, berílio e chumbo, que podem causar danos significativos ao meio ambiente e à saúde humana (Brasil, 2010).

Impulsionada pelo capitalismo e pela massiva propaganda que estimula o consumo excessivo, a sociedade adotou hábitos consumistas, muitas vezes sem necessidade real. Diariamente, milhares de aparelhos e equipamentos eletrônicos são descartados, simplesmente por se tornarem obsoletos diante do avanço tecnológico (Augusto, 2014).

Esse fenômeno ocorre devido à rapidez com que novos dispositivos e tecnologias são lançados, em um processo planejado para incentivar a substituição dos equipamentos existentes, muitas vezes ainda em funcionamento, por modelos mais recentes. Essa dinâmica contribui significativamente para o aumento dos resíduos eletrônicos (Moi *et al.*, 2014).

Desde os tempos antigos, os efeitos sobre a saúde causados pelas condições ambientais foram relatados. O rápido processo de industrialização e urbanização em meados do século XIX teve consequências na população devido aos problemas ambientais que prevaleciam na época (Augusto, 2014).

A falta de fiscalização das políticas de logística reversa para reciclagem e/ou doação de resíduos eletrônicos pode causar desequilíbrio ambiental. Isso ocorre porque os resíduos eletrônicos contêm uma variedade de produtos químicos e componentes que são mais prejudiciais ao meio ambiente do que os resíduos comuns. Com a evolução do setor de informática e telefonia móvel, houve um aumento proporcional no descarte de aparelhos usados, os quais possuem elementos nocivos ao meio ambiente. Esses dispositivos contêm resíduos altamente tóxicos, como o mercúrio e o chumbo presentes nos monitores de computadores, que podem contaminar o solo e atingir os lençóis freáticos, agravando os impactos ambientais (Da Costa, Augusto & Demajorovic, 2014).

Segundo o Global E-waste monitor 2020, o mundo gerou 53,6 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos em 2019, um aumento de 21% em cinco anos. A União Europeia foi responsável por cerca de 12 milhões de toneladas, aproximadamente 22% da geração global. No Brasil, foram descartadas cerca de 2,1 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos no mesmo período, posicionando o país como o quinto maior gerador mundial, atrás da China, que lidera com 10,1 milhões de toneladas anuais (Baldé *et al.*, 2020).

Os resíduos eletrônicos descartados de forma inadequada causam degradação ambiental e representam riscos à saúde da população, pois contêm metais pesados

utilizados em componentes de placas eletrônicas para a fabricação de computadores, celulares, televisores, baterias, entre outros (Moreira, 2007).

No meio ambiente, os resíduos eletrônicos, quando descartados em aterros sanitários, podem causar sérios impactos à saúde e ao ecossistema. Em contato com o solo, esses resíduos podem contaminar os lençóis freáticos, e, quando submetidos à combustão, liberam gases tóxicos que poluem o ar. Os materiais presentes nesses dispositivos, como metais pesados e compostos orgânicos persistentes, podem causar problemas à saúde humana, incluindo doenças respiratórias e neurológicas, devido à inalação dessas substâncias.

Esses mesmos resíduos podem agravar o processo de reciclagem do petróleo, já que muitos dos compostos químicos liberados durante o descarte inadequado dos eletrônicos — como metais pesados (chumbo, cádmio e mercúrio) e substâncias químicas orgânicas, incluindo retardantes de chama — interferem na pureza dos produtos derivados de petróleo reciclado. Esses contaminantes dificultam os processos industriais ao causar corrosão de equipamentos, formação de resíduos adicionais e exigirem etapas mais complexas de purificação, além de contribuir para a liberação contínua de substâncias tóxicas no meio ambiente (Moi *et al.*, 2014).

Atualmente, o mercado oferece uma constante atualização de produtos tecnológicos, incentivando uma troca mais rápida e frequente por parte dos consumidores. Apesar da existência de empresas especializadas em reciclagem de dispositivos eletrônicos, seu número ainda é insuficiente para atender à crescente demanda gerada pelo consumo desses produtos. Essa disparidade entre o consumo e a reciclagem se agrava com o aumento das vendas de aparelhos eletrônicos no varejo brasileiro, que cresceram 29,4%, destacando a necessidade urgente de ampliar as iniciativas de logística reversa e conscientização ambiental para lidar com os resíduos gerados de forma sustentável (Demajorovic, Augusto, Souza, 2016).

No Brasil, foi elaborada uma política que promove a inclusão digital, diretamente relacionada ao consumo de produtos eletroeletrônicos. No entanto, o acesso às tecnologias de informação e comunicação vai além de simplesmente disponibilizar computadores com acesso à internet em cada lar. É necessário considerar que uma comunicação verdadeiramente democrática deve ser também sustentável, incorporando práticas que minimizem os impactos ambientais. O consumo de bens eletroeletrônicos tem apresentado um crescimento significativo nas

últimas décadas, o que ressalta a importância de aliar inclusão tecnológica à responsabilidade ambiental (De Melo Pereira, Ferraz & Massaini, 2014).

O cádmio é amplamente utilizado na fabricação de baterias portáteis e recarregáveis. O acúmulo desse metal no organismo pode causar uma série de complicações, incluindo descalcificação óssea, reumatismo, hipertensão, distúrbios metabólicos, e danos ao sistema nervoso. Além disso, a exposição ao cádmio pode levar a problemas pulmonares, dores reumáticas e cardiopatias, destacando os graves riscos associados ao descarte inadequado de materiais que contêm esse elemento tóxico (Bruno *et al.* 2012).

A preocupação ambiental com o esgotamento dos recursos naturais do planeta, intensificada pelos padrões de produção e consumo, vem amadurecendo há mais de três décadas. Atualmente, a responsabilidade social das organizações é entendida como um princípio que deve permear todas as suas atividades e ser claramente percebida pelos consumidores. Nesse contexto, é fundamental eliminar ou mitigar os impactos ambientais ao longo da cadeia de valor, desenvolver produtos e serviços que sensibilizem os consumidores para práticas mais sustentáveis, reduzir os riscos ambientais e promover ações de responsabilidade social. Tudo isso contribui para melhorar a qualidade de vida e assegurar um futuro mais sustentável (Bruno *et al.* 2012).

Assim, surge um contexto econômico em que os clientes se mostram exigentes e bem-informados, com expectativas voltadas para que as organizações adotem comportamentos éticos e ambientalmente responsáveis (Leite, Lavez & Souza, 2009).

A transferência da atividade regulatória pode ser entendida como um processo duplo: do Estado para o Mercado, por meio de ações de autorregulação, e do Estado e Mercado para o indivíduo, por meio das escolhas de consumo. Nesse contexto, tanto o governo quanto o mercado buscam estimular as responsabilidades do consumidor como cidadão, promovendo encorajamentos e referências sobre seu poder e dever. Assim, atribui-se ao consumidor a responsabilidade pelas questões ambientais, ampliando o alcance e o engajamento público em torno dessa causa (De Melo Pereira, Ferraz, Massaini, 2014).

De acordo com Kemerich *et al.* (2011), no município de Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul, 58% da população prefere adquirir baterias do tipo alcalinas ou de zinco-carbono, amplamente disponíveis e com menor custo, em comparação a outros tipos de baterias, como as recarregáveis. No entanto, no que diz respeito ao

descarte, cerca de 82% das pessoas descartam essas pilhas diretamente no lixo doméstico, enquanto apenas 18% as queimam ou as encaminham para pontos de coleta adequados, evidenciando práticas que podem gerar impactos ambientais negativos devido à presença de metais pesados nesses resíduos (Kemerich *et al.*, 2011).

Aproximadamente cada bateria ou pilha depositada de forma errada no meio ambiente contamina uma área de cerca de um metro quadrado. Portanto, o dano ambiental pode ser ainda maior dependendo da quantidade de pilhas e baterias jogadas nos lixões (Roa, 2009).

A maioria das pessoas não sabe que por trás dos equipamentos elétricos e eletrônicos existem materiais que podem ser reciclados, basta retirá-los e manuseá-los adequadamente, mas as medidas atuais para isso tipo de resíduo ainda é primário (Wolff *et al.*, 2003).

No Brasil, algumas empresas têm implementado iniciativas de descarte adequado de materiais, como a devolução de produtos aos fabricantes para recuperação de componentes valiosos. Segundo o Jornal da Cidade Bauru (2012), uma tonelada de celulares sem baterias pode render até 175 gramas de ouro, equivalente a R\$ 16.667,50, embora esse processo ocorra principalmente em países como os Estados Unidos. Outros materiais, como placas eletrônicas e processadores, também possuem valor comercial devido à presença de metais e plásticos recicláveis.

Empresas e municípios têm buscado especialização na separação de materiais presentes em eletrônicos, incentivados pelas exigências ambientais e econômicas. Para operar nesse setor, é necessária a obtenção de licenças, como a da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA), conforme Smeltzer (2009). Apesar dos avanços, a infraestrutura limitada e a ausência de uma política fiscal robusta ainda dificultam a expansão dessas iniciativas.

A PNRS tem como objetivo principal reduzir a geração de resíduo eletrônico por meio da cooperação entre empresas, estados e municípios. Além de evitar o descarte inadequado, a PNRS busca rever métodos de gerenciamento para mitigar os impactos ambientais desses resíduos (Maciel, 2011). Contudo, a eficácia dessa política depende diretamente do desenvolvimento de sistemas de coleta eficientes e do engajamento das empresas em educar os consumidores sobre o descarte correto (Smeltzer, 2009).

Algumas indústrias têm implementado práticas de separação e reaproveitamento de componentes eletrônicos, utilizando materiais recicláveis para conserto ou reforma de equipamentos. Já os resíduos que oferecem risco à saúde pública são descartados de forma controlada (Tannure, 2008). No entanto, essas práticas ainda enfrentam desafios, como altos custos operacionais e a falta de incentivos fiscais para empresas que atuam no setor.

Como estratégia de gestão local, algumas cidades adotaram “Eco Pontos” para o descarte de resíduos, incluindo o resíduo eletrônico. Em São Paulo, por exemplo, esses pontos reaproveitam parte dos materiais coletados, enquanto o restante é destinado de forma ambientalmente correta. Essas iniciativas incluem parcerias com ONGs, igrejas e instituições estratégicas para ampliar o acesso dos cidadãos aos sistemas de descarte (Nanda, 2010). Embora promissoras, essas ações ainda são pontuais e carecem de integração com uma política nacional mais ampla.

A reciclagem destaca-se como a alternativa mais viável para a gestão de resíduos eletrônicos, separando componentes para reaproveitamento como matéria-prima em processos industriais (Bernardes *et al.*, 2004). Entretanto, os materiais reciclados nem sempre são reinseridos no mesmo ciclo produtivo. Por exemplo, computadores reciclados podem gerar materiais destinados a outras indústrias. Já os resíduos não recicláveis são descartados de maneira controlada para evitar danos ao meio ambiente e à saúde humana (Bocchi, 2000).

Apesar de seu potencial, o setor de reciclagem enfrenta um paradoxo econômico-industrial. O processo de fabricação reversa é oneroso e depende de tecnologias avançadas para neutralizar substâncias tóxicas e separar os resíduos de forma eficiente (Conama, 2008). No Brasil, as empresas limitam-se a despersonalizar os resíduos e enviá-los ao exterior, onde o reaproveitamento é realizado. Essa limitação evidencia a necessidade de políticas públicas que fomentem a infraestrutura local e incentivem economicamente a reciclagem de alta complexidade.

Um problema alarmante é o envio do resíduo eletrônico por países ricos para nações em desenvolvimento sob o pretexto de doações voltadas à inclusão digital. Muitas vezes, esses resíduos possuem pouca ou nenhuma utilidade, agravando a situação ambiental em países que carecem de infraestrutura adequada para gerenciá-los (Alloway *et al.*, 1999). Essa prática, além de refletir desigualdades globais, compromete a saúde pública e reforça a urgência de regulamentações internacionais que limitem o tráfico de resíduos perigosos.

2.2.1 Sistema Europeu de Tratamento dos REEE

Na Europa, a Diretiva *Waste Electrical and Electronic Equipment* (WEEE) estabelece um robusto sistema de Responsabilidade Estendida do Produtor (REP), onde os fabricantes são obrigados a financiar e organizar a coleta e o tratamento dos REEE. Essa estrutura inclui a criação de infraestrutura de coleta e o financiamento de campanhas de conscientização, garantindo que os custos de gestão sejam internalizados no preço do produto, o que incentiva o desenvolvimento de produtos mais duráveis e recicláveis. Além disso, a diretiva europeia define metas específicas de reciclagem, que variam conforme a categoria do produto. Por exemplo, para grandes eletrodomésticos, exige-se que 85% do peso total seja reciclado (Lundgren, 2012).

De acordo com Ferreira (2020) as metas são revisadas periodicamente, promovendo uma constante evolução nas taxas de reciclagem e recuperação. Adicionalmente, a legislação europeia exige a criação de pontos de coleta acessíveis, onde os consumidores podem descartar os REEE gratuitamente, e a rastreabilidade é garantida por sistemas de documentação, que monitoram o fluxo dos resíduos desde a coleta até a reciclagem final. A Europa também promove o *ecodesign*, incentivando os fabricantes a desenvolverem produtos que sejam mais fáceis de desmontar, reciclar e reutilizar, incluindo a redução de substâncias perigosas e a utilização de materiais recicláveis (Ferreira, 2020).

2.2.2 Lei de Reciclagem no Japão

No Japão, a Lei de Reciclagem de Aparelhos Domésticos implementa um sistema em que os consumidores pagam uma taxa de reciclagem ao descartarem produtos como televisores, geladeiras e máquinas de lavar. Essa taxa garante o financiamento contínuo das operações de reciclagem, criando um ciclo sustentável de financiamento e tratamento de resíduos. A responsabilidade pela coleta e reciclagem é atribuída aos fabricantes, que devem garantir que seus produtos sejam reciclados de acordo com os padrões estabelecidos pelo governo (Yamamoto, 2019).

O Japão também se destaca pela sua eficiência logística e rastreabilidade, com um sistema detalhado que monitora os REEE desde o ponto de coleta até as plantas de reciclagem, minimizando o descarte ilegal e melhorando a eficiência do processo.

As plantas de reciclagem japonesas utilizam tecnologias avançadas para maximizar a recuperação de materiais valiosos, como metais preciosos e plásticos de alta qualidade, refletindo uma abordagem que trata os REEE como recursos valiosos, em vez de resíduos (Yamamoto, 2019).

2.2.3 A Gestão de REEE nos Estados Unidos da América

Nos Estados Unidos, a gestão de REEE é caracterizada por Smith (2021) como uma variedade de abordagens estaduais devido à ausência de uma política federal unificada. Estados como a Califórnia adotam o sistema de taxa de reciclagem avançada (ARF), onde os consumidores pagam uma taxa na compra de produtos eletrônicos, que financia os programas de reciclagem. Em outros estados, como Nova York, os fabricantes são obrigados a implementar programas de reciclagem, assumindo a responsabilidade pelo ciclo de vida completo dos produtos.

Entretanto, a falta de uniformidade nas políticas entre os estados resulta em disparidades significativas na gestão dos REEE, criando lacunas e inconsistências na sua administração. Em alguns casos, os programas de reciclagem são voluntários, o que pode limitar sua eficácia, apesar de muitas grandes empresas terem implementado programas robustos de reciclagem, alinhados às expectativas dos consumidores e exigências locais (Smith, 2021).

2.2.4 O Brasil e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

No Brasil, a PNRS estabelece a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores. Embora a legislação exija que as empresas desenvolvam planos de logística reversa, a implementação prática enfrenta desafios significativos, como a falta de infraestrutura adequada e a conscientização pública insuficiente. Grandes empresas têm conseguido estabelecer programas de coleta e reciclagem de REEE, muitas vezes em parceria com Organizações Não Governamentais (ONGs) e governos locais, mas essas iniciativas ainda são insuficientes para cobrir todo o território nacional. A diversidade socioeconômica e a extensão territorial do Brasil complicam a criação de um sistema unificado de coleta e reciclagem, e a ausência de incentivos fiscais e fiscalização eficaz também contribui para a ineficiência do sistema (Silva, 2022).

Desse modo, a análise das políticas de gestão de REEE revela que, enquanto a Europa e o Japão adotam abordagens mais estruturadas e tecnológicas, os Estados Unidos e o Brasil enfrentam desafios específicos devido à descentralização e às diferenças regionais, respectivamente.

Na comparação entre Europa e Japão, destaca-se a responsabilidade do fabricante e a Responsabilidade Estendida do Produtor (REP), com metas e padrões elevados de reciclagem e um foco robusto em rastreabilidade e controle de resíduos. Entre a Europa e os Estados Unidos, observam-se programas de responsabilidade do fabricante e o *ecodesign*, que é mais desenvolvido na Europa, além de metas e incentivos variáveis.

No relacionamento entre Europa e Brasil, o modelo de responsabilidade compartilhada e REP é evidente, porém a implementação é desigual, especialmente nas regiões economicamente mais fracas do Brasil, com desafios relacionados à logística reversa e à infraestrutura de coleta. Entre Japão e Estados Unidos, os sistemas de taxa de reciclagem, como a ARF nos EUA e a Taxa de Reciclagem no Japão, são notáveis, com uma responsabilidade do fabricante e iniciativas de inovação tecnológica presentes em ambos os países.

No caso do Japão e do Brasil, a logística reversa e a rastreabilidade são aspectos importantes, mas a implementação enfrenta desafios, principalmente em áreas remotas, necessitando de cooperação entre setores público e privado. Entre Estados Unidos e Brasil, a desigualdade na aplicação das políticas é notável, com uma implementação parcial e desafios logísticos, além de iniciativas de reciclagem voluntária no Brasil.

2.3 Logística Reversa

A logística reversa, prevista na Lei nº 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), é um instrumento fundamental para a gestão ambiental responsável, buscando minimizar o acúmulo de resíduos e a degradação ambiental. Essa prática não apenas promove a sustentabilidade, mas também representa uma oportunidade estratégica para empresas se destacarem no mercado competitivo, ao alinhar suas operações aos princípios de economia circular.

O principal objetivo da logística reversa é garantir o retorno sustentável de materiais já utilizados na cadeia produtiva. Por meio de ações estruturadas, busca-se

reaproveitar insumos e matérias-primas, reduzindo desperdícios e mitigando impactos ambientais. Essa abordagem reforça o papel das empresas como agentes de transformação ambiental e econômica, promovendo um ciclo de vida mais sustentável para os produtos.

A responsabilidade pela logística reversa é compartilhada entre empresas e consumidores. Fabricantes, comerciantes, importadores e distribuidores são obrigados a implementar sistemas eficazes que assegurem o retorno dos produtos após o uso, enquanto os consumidores desempenham um papel essencial ao aderirem às práticas de descarte correto. Esse modelo de responsabilidade compartilhada demanda uma maior integração entre os diversos atores da cadeia produtiva para consolidar resultados positivos.

De acordo com Leite (2017), a logística empresarial é composta por quatro áreas operacionais principais: suprimentos, que envolve o fornecimento de insumos à empresa; apoio à manufatura, que engloba o planejamento, armazenamento e controle dos fluxos internos; distribuição, que cuida da entrega de materiais; e logística reversa, responsável pelo retorno de produtos de pós-venda e pós-consumo. Este último, como aponta o autor, abrange o planejamento, operação e controle dos fluxos reversos de diversas naturezas, sendo essencial para alinhar as operações empresariais aos princípios da sustentabilidade.

A adoção da logística reversa vai além do cumprimento de regulamentações; ela oferece às empresas a oportunidade de inovar e agregar valor às suas operações. Além de reduzir custos associados à aquisição de matérias-primas, o reaproveitamento de materiais fortalece a imagem institucional e contribui para a construção de um modelo econômico mais circular e resiliente. Contudo, o sucesso dessa prática depende da criação de infraestrutura adequada, do engajamento dos consumidores e do fortalecimento de políticas públicas que incentivem a adesão em larga escala.

Segundo Agrawal e Murtaza (2015) a logística reversa está ligada a uma sequência de atividades que são necessárias para a coleta de produtos que foram utilizados por clientes tendo como finalidade a reutilização ou a reparação, ou até mesmo refazer a fabricação, reciclagem ou descarte do produto.

A logística reversa é então um conjunto de procedimentos e de meios para realizar o recolhimento e desta forma encaminhar pós-venda ou pós consumo ao setor

empresarial, para realizar o reaproveitamento ou a destinação de forma correta dos resíduos.

O conceito de logística reversa ganhou destaque a partir da publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, através da Lei nº12.305 de agosto de 2010, que estabeleceu um acordo setorial, incluindo fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, sobre a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Assim as empresas privadas tanto como as públicas foram obrigadas a promover ações para a redução no volume dos resíduos sólidos e rejeitos, diminuindo desta forma os impactos à saúde humana e ao meio ambiente, fazendo surgir desta forma a logística reversa.

De acordo com Agrawal, Singh e Murtaza (2015), os produtos usados são devolvidos, são coletados após a aquisição sendo inspecionados para realizar a classificação nas diferentes categorias. O próximo passo é o descarte para reparação, para remanufatura, para reciclagem, para reutilização ou para o descarte final. Os principais processos são identificados como sendo: a aquisição, a coleta, a inspeção e classificação e a disposição dos produtos.

O processo da logística é composto por diversas atividades de uma empresa, tais como: coletas, separação, embalagem e expedição dos itens que são utilizados, danificados ou estão obsoletos nos pontos de consumo, até os locais em que são realizados reprocessados, para revenda ou para descarte.

Dentro do contexto da logística reversa está o conceito de ciclo de vida que é um conceito mais amplo, tendo em vista que a vida de um produto quando se fala em logística, não tem seu final com a entrega ao cliente, os produtos tornam-se obsoletos, danificados, ou não funcionam, fazendo com que sejam devolvidos para a sua origem e desta foram serem descartados, reparados ou reaproveitados de forma adequada.

Em relação ao lado financeiro, é notável que além dos custos de compra das matérias primas, dos custos de produção, da armazenagem e da estocagem, o ciclo de vida de um produto também inclui outros custos que são relacionados a todo o gerenciamento do fluxo reverso.

Ambientalmente a logística reversa é uma maneira de avaliar quais são os impactos que um produto tem sobre o meio ambiente durante todo o seu ciclo de vida, esta abordagem é de extrema importância para o planejamento da utilização dos recursos logísticos de forma a contemplar as etapas do ciclo de vida de um produto,

a partir deste contexto é possível conceituar a logística reversa como sendo uma forma de planejamento, de implementação e de controle dos fluxos de matérias primas, de estoques em processo e de produtos acabados, relacionado ao consumo até o seu ponto de origem é um objeto de recaptura de valores ou a realização de descartes de forma adequada.

Os canais de pós-consumo são aqueles constituídos por fluxos reversos de uma determinada parcela de produtos e de materiais que são constituídos do descarte após a sua utilidade, eles retornam ao ciclo produtivo de alguma forma, este processo distingue-se em três subsistemas que são reversos, sendo eles: os canais reversos de reuso, os de remanufatura e os de reciclagem (Leite, 2017).

A logística reversa vai além do encerramento de um ciclo logístico, ela tornou-se uma filosofia que ajuda a repensar as ações e as perspectiva para o futuro, assim a gestão é de extrema importância para que a logística reversa seja implantada nas atividades das empresas demonstrando desta forma a importância do fluxo reverso.

Nos processos produtivos das empresas, a logística reversa promove um pensamento mais sustentável. Dessa forma, o descarte dos objetos após o consumo evolui para uma prática mais consciente em uma sociedade capitalista, incentivando reflexões sobre atitudes inadequadas na destinação dos resíduos.

A logística reversa auxilia na redução dos gastos econômicos para a realização do tratamento e dos descartes, proporcionando que as devoluções sejam um relacionamento constante entre as clientes, para isso é necessário que a empresa não esteja em busca somente do lucro e seja o mais sustentável possível e que estas causem impactos positivos em relação ao meio ambiente. Sendo assim, considerada um dos meios mais eficazes para promover a sustentabilidade, pois contribui diretamente para a concretização de seus objetivos.

De acordo com Cavalcante (2015) a logística reversa oferece uma vantagem competitiva sustentável para as organizações, para que esta possa obter os benefícios, todas as empresas devem realizar o monitoramento de sua logística reversa. Baseando-se em um sistema de medição de desempenho. Desta forma a logística reserva pode ser de grande auxílio para a empresa, este tamanho buscou por fontes que pudessem esclarecer mais todos os conceitos relacionados a temática deste trabalho, para desta forma obter um referencial teórico sobre o assunto logística reversa.

A implantação de um sistema de logística reversa nas empresas auxilia na redução de resíduos que são prejudiciais ao meio ambiente e par o sucesso de todos os processos que são relacionados as atividades da empresa, desempenhando um papel essencial na promoção de diversos ODS. No contexto do ODS 8, contribui para o trabalho decente e o crescimento econômico ao estimular a criação de empregos verdes e capacitar trabalhadores no setor de reciclagem. No ODS 11, incentiva práticas sustentáveis de manejo de resíduos, contribuindo para cidades e comunidades mais sustentáveis. Além disso, sua aplicação está diretamente relacionada ao ODS 9, que promove infraestrutura sustentável, e ao ODS 17, que enfatiza a importância das parcerias para alcançar os objetivos globais de sustentabilidade.

2.4 Aplicação da Gestão de Qualidade / Ferramentas de Qualidade

Uma organização orientada para a qualidade promove uma cultura que resulta em comportamentos, atitudes, atividades e processos que agregam valor ao atender às necessidades e expectativas dos clientes e partes interessadas (ISO 9001, 2015).

Ao aplicar os princípios, é interessante vê-los de forma generalizada e não individualmente, sempre focalizando uma harmonização de conceitos e um equilíbrio em sua aplicação.

2.4.1 Melhoria Contínua

Para se manterem competitivas, as empresas precisam se adaptar às mudanças rápidas do ambiente externo, especialmente em um mercado globalizado onde os consumidores se tornam cada vez mais exigentes e seletivos. A crescente variedade de produtos e serviços aumenta a competitividade, exigindo das empresas uma busca constante por melhorias em seus processos para atender às demandas do mercado de forma mais eficiente.

A gestão da qualidade é uma ferramenta essencial para impulsionar a melhoria contínua nos processos organizacionais. Essa abordagem cíclica e permanente busca o aperfeiçoamento constante, alinhando as tarefas diárias das empresas às necessidades do mercado. Segundo Carpinetti (2016), o processo de melhoria

contínua requer a análise da situação atual para planejar e implementar mudanças que agreguem valor ao negócio.

Slack, Chambers e Johnston (2008) classificam as estratégias de melhoria em dois modelos principais: **melhoria revolucionária**, que promove mudanças drásticas e rápidas, demandando altos investimentos; e **melhoria contínua**, que adota pequenas e frequentes alterações incrementais. Embora a melhoria revolucionária produza resultados imediatos, é na melhoria contínua que se observa maior sustentabilidade, pois pequenos ajustes acumulados geram transformações significativas no longo prazo. Essa abordagem também demanda menor investimento de capital, tornando-a mais acessível para organizações de diferentes portes.

Segundo Agostinetti (2006), a melhoria contínua não apenas traz benefícios isolados, mas também conecta e aprimora todos os processos da organização, promovendo resultados abrangentes. À medida que processos são refinados e entrelaçados, os ganhos se acumulam, fortalecendo o desempenho geral da empresa. Essa integração cria uma base sólida para o progresso organizacional, essencial em um ambiente de constante mudança.

Mesquita e Alliprandini (2003) ressaltam que a melhoria contínua é fundamental para organizações que desejam evoluir de forma consistente. A criação de uma cultura baseada na melhoria contínua, inspirada na filosofia Kaizen, facilita a adaptação a um mercado dinâmico, ao mesmo tempo em que promove um ambiente de aprendizado e inovação. Esse modelo busca envolver toda a equipe na busca por melhorias constantes, aproveitando o conhecimento organizacional para gerar novas soluções e oportunidades.

A prática da melhoria contínua se reflete em ações simples e frequentes, voltadas a atender melhor às necessidades dos clientes. Gonzáles (2006) destaca que o foco na satisfação do cliente é o principal ideal que une os colaboradores em torno desse objetivo comum. Trivellato (2010) complementa ao apontar quatro fatores críticos para o sucesso dos programas de melhoria contínua: foco em qualidade, produtividade e lucro; progresso gradual; um modelo de orientação claro; e adaptação às particularidades da organização.

Além disso, Mesquita e Alliprandini (2003) reforçam que "a perfeição não existe na prática", já que as mudanças constantes no mercado e nas preferências dos clientes tornam impossível alcançar um estado de perfeição absoluta. Portanto, as organizações precisam evoluir continuamente, aprendendo com erros, superando

obstáculos e compartilhando conhecimento entre equipes, promovendo tanto o crescimento individual quanto coletivo.

A melhoria contínua segue um ciclo de cinco fases, permitindo que as empresas avaliem sua posição atual e acompanhem sua evolução. Contudo, um dos maiores desafios é a mudança cultural, pois transformar padrões estabelecidos demanda tempo e esforço. Quando a melhoria contínua se enraíza na rotina organizacional, ela se torna parte da cultura empresarial, impulsionando o progresso e consolidando a competitividade no mercado.

2.4.2 Ciclo PDCA (Detalhamento e Evolução)

O ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) é uma ferramenta de gestão amplamente utilizada para alcançar os objetivos organizacionais, garantindo eficiência e melhoria contínua. Originalmente desenvolvido por Walter Andrew Shewhart como o ciclo "Specify-Produce-Inspect", o método foi aprimorado por William Edwards Deming, que o introduziu no Japão após a Segunda Guerra Mundial, adicionando a fase de "ação". Assim, o PDCA tornou-se um marco na Gestão da Qualidade Total (TQM) (Seleme & Stadler, 2010; Shigunov Neto & Fields, 2016).

O PDCA opera em quatro etapas fundamentais:

- P (Planejar): Estabelecer objetivos e processos para atender às metas organizacionais.
- D (Fazer): Implementar os processos planejados.
- C (Verificar): Monitorar e medir os resultados em relação às metas.
- A (Agir): Realizar ajustes e implementar ações corretivas ou preventivas.

Conforme a NBR ISO 9001:2015, o PDCA é um modelo cíclico que permite a melhoria contínua de processos organizacionais, assegurando que as exigências dos clientes sejam atendidas de forma consistente. Além disso, esse ciclo vai além de identificar erros, atuando na análise de causas e implementação de medidas para evitá-los.

O PDCA não se restringe à alta administração, mas abrange também níveis operacionais, coordenando esforços de melhoria contínua. Sua aplicação reduz custos, evita retrabalhos e aumenta a produtividade, permitindo à organização consolidar padrões de qualidade. Quando os resultados de melhorias são

estabilizados por meio de padronização e treinamento, o ciclo evolui para o SDCA (Standardise, Do, Check, Act), onde "S" representa a estabilização dos processos (Maranhão, 2002).

Historicamente, o PDCA ganhou relevância após a Segunda Guerra Mundial, quando o Japão adotou a filosofia da qualidade para reestruturar sua economia e infraestrutura. Nesse contexto, o grupo QCC (Quality Control Circles), liderado por Deming e Shewhart, desempenhou um papel crucial na disseminação da abordagem (Seleme & Stadler, 2010). Deming transformou o ciclo em uma ferramenta fundamental para o controle e melhoria de processos, destacando sua simplicidade e eficácia.

No Brasil, o método foi introduzido pelo professor Vicente Falconi na década de 1980, que, após contato com Deming, aplicou o PDCA em suas consultorias. Falconi demonstrou como a ferramenta pode ser adaptada ao contexto brasileiro, ajudando empresas a otimizar operações e aumentar competitividade (Fernandes, 2011; Prado Filho, 2015).

A aplicação do PDCA exige o domínio da ferramenta pelos colaboradores, permitindo que todos participem do processo de melhoria contínua. Além disso, o ciclo não se limita ao setor produtivo, sendo útil em diversas áreas, como administração, logística e serviços, reforçando sua versatilidade. Ao integrar ações corretivas e preventivas, o PDCA promove ganhos de longo prazo, criando uma cultura organizacional orientada à qualidade e à inovação.

2.4.3 Método DELPHI

A metodologia Delphi é um processo de pesquisa qualitativa e quantitativa que se baseia na opinião de especialistas para alcançar consenso em previsões ou avaliações em áreas diversas, como tecnologia, negócios, política, saúde, entre outras. Desenvolvida na década de 1950 pela Rand Corporation, inicialmente para prever tendências na guerra e na tecnologia, a metodologia Delphi tem sido amplamente adotada em diferentes campos desde então.

Seguem os principais pontos a serem considerados sobre a metodologia Delphi:

1. Painel de Especialistas: O processo Delphi começa reunindo um grupo de especialistas em um determinado tópico. Esses especialistas podem ser

acadêmicos, profissionais experientes ou qualquer pessoa com conhecimento relevante sobre o assunto em questão.

2. Anonimato: Um dos aspectos distintivos do Delphi é a manutenção do anonimato dos especialistas. Isso significa que as opiniões e respostas dos participantes são coletadas de forma anônima, o que permite que eles expressem suas opiniões de maneira mais aberta, sem pressões externas ou influências.
3. Rodadas de Questionários: Os especialistas são convidados a responder a uma série de questionários em rodadas sucessivas. Cada rodada é projetada com base nas respostas da rodada anterior. A ideia é que, ao longo das rodadas, o consenso ou a convergência de opiniões se desenvolva à medida que os especialistas têm a oportunidade de revisar suas respostas em comparação com as dos outros participantes.
4. Feedback: O *feedback* fornecido aos especialistas pelo facilitador do processo Delphi. Isso significa que as respostas recebidas dos especialistas na rodada foram retornadas através de e-mail confirmando o recebimento das respostas e o seguimento das próximas etapas do método.
5. Convergência de Opiniões: Com o passar das rodadas, espera-se que as opiniões dos especialistas convergem para um consenso ou, pelo menos, para uma distribuição de opiniões mais bem informada. O processo continua até que um nível desejado de concordância seja alcançado ou até que não haja mais mudanças significativas nas respostas.
6. Utilização de Resultados: As conclusões do processo Delphi podem ser usadas para tomar decisões, fazer previsões ou orientar políticas. Por exemplo, na área de tecnologia, pode ser usada para prever tendências futuras; na área de saúde, pode ser usada para avaliar tratamentos ou tecnologias emergentes; e nas empresas, pode ser usada para estratégias de planejamento.
7. Flexibilidade: A metodologia Delphi é flexível e pode ser adaptada de acordo com as necessidades da pesquisa e o contexto. Por exemplo, o número de rodadas, a composição do painel de especialistas e as questões específicas podem variar de acordo com o objetivo da pesquisa.

A metodologia Delphi é essencial para lidar com incertezas e complexidades, obtendo consenso por meio de questionários interativos e feedback. Segundo Wright

e Giovinazzo (2000), a técnica sintetiza o conhecimento coletivo, facilitando decisões informadas em contextos sem dados concretos.

Com base no contexto da presente pesquisa sobre a Gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, onde serão envolvidos quatro núcleos de especialistas, incluindo o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de Pernambuco, a Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco (FIEPE), representante do setor público e um consultor da área ambiental representando a sociedade em geral.

A etapa de Seleção de Especialistas na metodologia Delphi é crucial para garantir contribuições qualificadas. Wright e Giovinazzo (2000) destacam que a qualidade dos resultados depende diretamente da competência e diversidade dos participantes selecionados criteriosamente.

1. Definição dos Critérios de Seleção: antes de selecionar os especialistas, é importante definir claramente os critérios de seleção. Isso inclui determinar quais áreas de conhecimento necessárias para a pesquisa. No caso da gestão de REEE, os critérios podem incluir conhecimento técnico, experiência na indústria, conhecimento de regulamentações, envolvimento em organizações ambientais, entre outros.
2. Identificação de Especialistas Potenciais: para encontrar especialistas que atendam aos critérios estabelecidos, pode ser útil fazer uma pesquisa inicial. Isso envolve a identificação de acadêmicos, profissionais, representantes de organizações relevantes e outros indivíduos que possuam conhecimento na gestão de REEE.
3. Convite para Participação: após identificar potenciais especialistas, é necessário convidá-los a participar do estudo Delphi. Isso pode ser feito por meio de convites formais por *e-mail*, cartas ou telefonemas. É importante fornecer informações claras sobre o propósito da pesquisa, o cronograma previsto e a expectativa de participação.
4. Confirmação de Participação: à medida que os convites são enviados, é importante obter confirmações de participação dos especialistas. Isso ajudará a garantir que os especialistas selecionados estejam dispostos a comprometer tempo e esforço para participar das rodadas de questionários.
5. Diversidade de Perspectivas: ao selecionar especialistas, é recomendável buscar uma diversidade de perspectivas. Isso pode incluir representantes de

diferentes setores, gêneros, faixas etárias e origens culturais. A diversidade ajuda a enriquecer as opiniões e promover uma compreensão mais abrangente do tópico.

6. Manutenção do Anonimato (Opcional): em alguns casos, pode ser desejável manter o anonimato dos especialistas, especialmente se houver preocupações com retaliação ou influências externas. Os especialistas podem ser identificados por números ou pseudônimos em vez de seus nomes reais.
7. Formação dos Núcleos de Especialistas: com base nos critérios de seleção e na confirmação de participação, os especialistas são agrupados em núcleos de acordo com sua área de conhecimento. Por exemplo, um núcleo pode ser composto por acadêmicos, enquanto outro por representantes da indústria.
8. Comunicação e Orientação: antes do início das rodadas de questionários, é importante fornecer aos especialistas orientações claras sobre o processo Delphi, as questões a serem abordadas e o papel deles na pesquisa.

A seleção de especialistas na metodologia Delphi deve seguir critérios claros, priorizando diversidade e orientação adequada. Wright e Giovinazzo (2000) destacam que a qualidade dos resultados depende diretamente desse processo estruturado e participativo.

FORMULAÇÃO DAS QUESTÕES

As questões formuladas para os especialistas foram elaboradas para abordar os principais aspectos da gestão de REEE. Isso inclui questões sobre regulamentações atuais e futuras, métodos de coleta e reciclagem, conscientização pública e os impactos ambientais associados à gestão de REEE.

As questões serão projetadas de maneira a permitir respostas detalhadas e embasadas por parte dos especialistas, incentivando-os a compartilhar seus conhecimentos e opiniões em profundidade.

A etapa de Formulação das Questões na metodologia Delphi é de grande importância, pois define a qualidade e a relevância das informações e opiniões coletadas dos especialistas. A seguir, apresenta-se o detalhamento desse processo.

1. Definição dos Objetivos: antes de formular as questões, é fundamental ter uma clara compreensão dos objetivos da pesquisa Delphi. Quais questões específicas você deseja responder? Quais informações ou opiniões você está

buscando dos especialistas? Isso ajudará a direcionar a formulação das questões de maneira eficaz.

2. Identificação dos Tópicos-Chave: com base nos objetivos da pesquisa, serão identificados os tópicos-chave relacionados à gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos. Isso poderá incluir regulamentações, coleta, reciclagem, conscientização pública, impactos ambientais, entre outros.
3. Estruturação das Questões: as questões devem ser formuladas de maneira clara e concisa. Evite perguntas duplas ou ambíguas.
4. Abordagem das Questões: as questões podem ser formuladas de diferentes maneiras, como perguntas abertas, perguntas fechadas ou declarações para concordar ou discordar. Em uma pesquisa Delphi, é comum usar perguntas abertas para permitir respostas detalhadas dos especialistas.
5. Consideração das Rodadas Futuras: ao formular as questões, é importante considerar as rodadas subsequentes do processo Delphi. As questões iniciais podem ser mais amplas para coletar opiniões gerais. À medida que o processo avança, as questões podem ser refinadas com base nas respostas anteriores.
6. Revisão e Validação: antes de enviar as questões aos especialistas, elas serão revisadas para garantir que sejam claras, relevantes e não tendenciosas. Também pode-se buscar a opinião de outros pesquisadores ou especialistas na área para validar as questões.
7. Teste Piloto (Opcional): em alguns casos, pode ser útil realizar um teste piloto das questões com um pequeno grupo de especialistas para identificar possíveis problemas de compreensão ou interpretação.
8. Preparação das Questões para a Primeira Rodada: após finalizar a formulação das questões, elas estão prontas para serem enviadas aos especialistas na primeira rodada de questionários.

A formulação cuidadosa das questões é essencial para obter informações valiosas e opiniões detalhadas dos especialistas ao longo do processo Delphi. É importante manter um equilíbrio entre questões abertas que permitam a expressão livre de opiniões e questões específicas que ajudem a direcionar a pesquisa para os objetivos definidos.

RODADA INICIAL DE QUESTIONÁRIOS

Na primeira rodada de questionários, os especialistas de cada núcleo recebem as questões específicas para seu campo de especialização. Eles são convidados a fornecer respostas completas e bem fundamentadas, expressando suas visões e conhecimentos relacionados ao tópico da gestão de REEE.

A manutenção do anonimato nesta fase é essencial, pois permite que os especialistas respondam com honestidade e evita possíveis influências externas que possam comprometer a objetividade das respostas.

A etapa de rodada inicial de questionários na metodologia Delphi é o ponto de partida para coletar as opiniões dos especialistas sobre o tópico em questão. Sendo assim, seguem as etapas desse processo:

1. Preparação das Questões: antes de iniciar a rodada, as questões devem ser cuidadosamente preparadas com base nos objetivos da pesquisa e na formulação das questões. É importante que as questões sejam claras, concisas e abordem os tópicos-chave.
2. Comunicação com os Especialistas: entre em contato com os especialistas por meio do método de comunicação previamente estabelecido (geralmente e-mail). Forneça informações claras sobre o processo Delphi, incluindo o propósito da pesquisa, o cronograma e as instruções para a rodada inicial.
3. Envio das Questões: envie as questões formuladas para os especialistas juntamente com instruções detalhadas sobre como preencher os questionários. É importante destacar a importância da honestidade e do anonimato na resposta.
4. Prazo de Resposta: estabeleça um prazo para que os especialistas enviem suas respostas. Esse prazo deve ser razoável, permitindo que os especialistas considerem cuidadosamente suas respostas, mas também deve ser respeitado para manter o cronograma da pesquisa.
5. Acompanhamento e Lembranças (Opcional): durante o período de resposta, é possível enviar lembretes aos especialistas para garantir que todos tenham a oportunidade de participar. Isso é especialmente útil se houver prazos apertados.
6. Coleta das Respostas: à medida que as respostas dos especialistas são recebidas, elas devem ser devidamente registradas e mantidas em sigilo, preservando o anonimato dos participantes.

7. Análise Inicial (Opcional): dependendo da complexidade das respostas, uma análise preliminar pode ser realizada para identificar tendências iniciais, mas isso não deve influenciar a divulgação das respostas ou a formação de consenso.
8. Feedback de Agradecimento: após o término da rodada inicial, é importante agradecer a todos os especialistas pela participação e informá-los sobre os próximos passos do processo Delphi, incluindo a data da próxima rodada.
9. Preparação para a Próxima Rodada: Com base nas respostas da rodada inicial, as questões para a próxima rodada podem ser revisadas e refinadas para abordar tópicos específicos que surgiram nas respostas dos especialistas.

Essa etapa de rodada inicial de questionários é o ponto de partida para a coleta de informações dos especialistas e marca o início do processo Delphi iterativo, no qual as opiniões dos especialistas são analisadas e refinadas nas rodadas subsequentes até que um consenso seja alcançado ou conclusões informadas sejam obtidas. Manter a comunicação clara e respeitar o anonimato dos especialistas são elementos essenciais para o sucesso dessa etapa.

COMPILAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS

Após a conclusão da primeira rodada, serão compiladas todas as respostas dos especialistas de cada núcleo. As respostas são analisadas separadamente para identificar tendências, padrões e divergências dentro de cada grupo de especialistas. Isso proporciona uma compreensão mais profunda das perspectivas e opiniões específicas de cada núcleo, permitindo uma análise mais rica e contextualizada dos dados.

A etapa de Compilação e Análise das Respostas na metodologia Delphi é fundamental para identificar tendências, padrões e divergências dentro de cada grupo de especialistas. Aqui está um método geral que pode ser aplicado para essa análise:

1. Coleta das Respostas: após cada rodada de questionários, todas as respostas dos especialistas de um determinado núcleo são coletadas e registradas. É importante manter a confidencialidade das respostas para preservar o anonimato.
2. Organização das Respostas: as respostas podem ser organizadas em categorias ou tópicos relevantes, dependendo das questões formuladas. Por

exemplo, se a pergunta se refere a desafios, as respostas podem ser categorizadas em desafios regulatórios, operacionais, ambientais etc.

3. Análise Qualitativa: as respostas são analisadas qualitativamente para identificar palavras-chave, conceitos-chave e ideias recorrentes. Isso pode ser feito manualmente ou com o auxílio de *software* de análise de texto.
4. Resumo das Respostas: um resumo das respostas é elaborado, destacando as principais ideias e tendências emergentes. Isso pode incluir citações representativas de especialistas para ilustrar pontos-chaves.
5. Análise Quantitativa (Opcional): se apropriado, podem ser aplicadas análises quantitativas às respostas, como a contagem de ocorrências de palavras-chave específicas ou a criação de estatísticas descritivas, como médias e desvios padrão.
6. Identificação de Tendências e Padrões: durante a análise, as tendências e padrões dentro das respostas são identificados. Isso pode incluir a identificação de opiniões comuns compartilhadas pela maioria dos especialistas ou a identificação de preocupações e temas recorrentes.
7. Divergências e Variações: também é importante identificar áreas de divergência ou variação nas respostas dos especialistas. Isso envolve identificar opiniões ou perspectivas que se destacam das demais.
8. Feedback: os resultados da análise foram apresentados aos especialistas após a rodada.
9. Refinamento das Questões (Opcional): com base na análise das respostas, o facilitador pode optar por refinar ou ajustar as questões para as rodadas subsequentes, visando abordar com mais precisão as preocupações e tendências identificadas.

Este método de análise das respostas permite uma compreensão aprofundada das perspectivas dos especialistas em relação ao tópico em questão, bem como a identificação de áreas de convergência e divergência. Essa análise iterativa ao longo das rodadas ajuda a refinar as opiniões e a direcionar o processo Delphi em direção a um consenso ou conclusões informadas.

FEEDBACK CONTROLADO

Nas rodadas subsequentes, os especialistas receberam um resumo das respostas e *feedback* controlado do facilitador. O *feedback* inclui estatísticas, gráficos

e resumos das respostas anteriores, permitindo que os especialistas revisem e ajustem suas próprias respostas com base no *feedback* e nas opiniões de seus pares dentro do mesmo núcleo. Esse processo promove a colaboração e ajuda a convergir as opiniões dentro de cada grupo de especialistas, além de permitir que eles refinem suas perspectivas ao longo das rodadas.

Esta abordagem abrangente, envolvendo diferentes núcleos de especialistas, permite uma análise holística e aprofundada da gestão de REEE. Cada núcleo contribui com seu conhecimento e perspectivas únicas, criando uma visão mais completa do tópico e facilitando a identificação de áreas de convergência e discordância entre os diferentes grupos de especialistas.

2.4.4 MASP (Método de Análise e Solução de Problemas)

O Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) é uma ferramenta para identificar problemas, investigá-los e propor ações corretivas para eliminá-los ou minimizá-los. Com esta ferramenta, o objetivo é controlar rapidamente a situação e planejar tudo o que será feito.

A aplicação do MASP segue uma ordem, que é: identificação do problema; observação do problema; análise de suas características e determinação das principais causas. Um plano de ação é então desenvolvido e implementado para eliminar as causas. O plano de ação deve ser seguido pela verificação de sua eficácia, padronização a fim de eliminar permanentemente as causas, recuperação das atividades realizadas e planejamento para o futuro.

Para que o MASP seja eficaz, Arioli (1998), aponta que certas diretrizes devem ser seguidas: Quando um problema é detectado, ele deve ser limitado e especificado corretamente; O Brainstorming deve ser realizado durante a observação, a fim de coletar e observar o máximo de informações possíveis; Durante a análise, as hipóteses devem ser formuladas, com base nos casos, relatórios e estatísticas disponíveis; O plano de ação deve ser bem descrito, especificando as operações necessárias para resolver os problemas.

2.4.4.1 Identificação do Problema (Fase 1)

É na primeira fase que o problema deve ser identificado, delimitando sua área de ação e reconhecendo os danos que causa ao processo através de uma investigação do histórico de ocorrências, a fim de então facilitar a ação sobre ele. De acordo com Campos (2014), um problema é o resultado indesejável de um trabalho.

Ainda segundo Campos (2014), a identificação do problema deve ser baseada em fatos e dados, adquiridos através de documentos anteriores, a fim de poder estabelecer o objetivo de melhoria mais adequado para resolver o problema, que deve ser a prioridade máxima da empresa.

Segundo Aguiar (2006), "esta fase consiste em definir claramente o problema relacionado com o objetivo, reconhecendo a importância deste problema e a relevância da solução". É necessário analisar se o objetivo proposto da solução é, de fato, o que a empresa precisa, ou seja, verificar se o objetivo está bem estabelecido e bem definido. Além disso, pergunte-se se vale a pena investir na solução do problema, para que você não gaste tempo e dinheiro desnecessariamente.

2.4.4.2 Observação (Fase 2)

Para Aguiar (2006), é nesta fase que o objetivo é descobrir as características específicas do problema, com uma visão mais ampla e vários pontos de vista, e depois decompor os problemas maiores em problemas menores. Os problemas menores também são priorizados nesta fase, levando em conta os níveis de defeitos e os custos adicionais que eles geram.

Segundo Campos (2004), as observações devem ser realizadas não apenas no escritório, mas também no local onde o problema ocorre, a fim de coletar informações adicionais que não podem ser obtidas a partir de dados históricos. É durante esta fase que as informações são coletadas para que a análise seja baseada em dados e não em meras opiniões.

A fase de observação é a fase mais crítica do processo de solução de problemas, pois geralmente envolve a coleta de dados sobre a localização dos problemas identificados na fase de planejamento. Se esta coleta não for realizada corretamente, pode comprometer toda a análise das informações, além de causar retrabalho em muitos casos (Oliveira, 1996).

Para esta fase, recomenda-se estratificar o problema geral de acordo com critérios como tempo, local, tipo e outras especificações. Após esta estratificação, os problemas devem ser priorizados usando diagramas de Pareto e os problemas críticos a serem resolvidos devem ser identificados, determinando quais serão os primeiros a serem vistos nas análises.

2.4.4.3 Análise (Fase 3)

Segundo Campos (2014), na fase de análise do processo, a relação entre a causa e as falhas que podem existir no processo deve ser estudada, ou seja, a intenção da análise do processo é procurar as causas que têm um impacto sobre o problema, analisando as características importantes.

Para ter sucesso nesta fase, é necessário primeiro obter mais informações sobre a causa raiz, usando ferramentas como reuniões de brainstorming, onde todos os funcionários que estão envolvidos no problema em questão seriam uma solução, pois podem contribuir, acrescentando vários pontos de vista e opiniões, em relação à percepção das causas mais prováveis que causam o problema apresentado.

O principal objetivo desta fase é identificar as causas que têm maior impacto sobre o problema principal (Werkema, 1995). Para o sucesso da análise, é essencial ter um bom mapeamento do processo que o causou. Este mapeamento será importante para a análise das causas potenciais, que servirá como base para quantificar a importância de cada causa para o problema em questão.

2.4.4.4 Plano de Ação (Fase 4)

Um plano de ação é um documento que, de forma organizada, identifica e orienta as ações a serem tomadas para ajustar os elementos de controle e verificação e as responsabilidades de cada funcionário (Fieg & Senai, 2002).

Na fase de estabelecimento do plano de ação, as medidas para enfrentar as causas dos problemas devem ser definidas. Segundo Aguiar (2006), "a proposta de medidas adequadas depende muito da capacidade técnica da equipe que lida com o problema", explicando que o conhecimento técnico relacionado ao problema influenciará o resultado do trabalho, mas ele acrescenta que, além do conhecimento técnico, é necessário o conhecimento da solução do problema e ferramentas de qualidade.

De acordo com Melo e Caramori (2001), o objetivo do plano de ação é operacionalizar a implementação dos objetivos no processo, de modo que ele tenha uma alta probabilidade de sucesso. Esta ferramenta torna possível operacionalizar a ação na gestão das atividades, atribuindo responsabilidades a todos os envolvidos no plano. Para Campos (2014), os planos de ação puseram em marcha a gestão.

O plano de ação é utilizado para orientar a solução de problemas, priorizar ações, designar responsáveis e verificar a resolução de tarefas (Fieg & Senai, 2012). Todas as ações devem ser estabelecidas sobre a causa raiz e não sobre os efeitos, pois o plano de ação trata de estabelecer contramedidas para a causa raiz (Campos, 2014).

Qualquer plano de ação deve ser criado para garantir a identificação rápida e eficiente dos elementos necessários para implementar o processo (Oliveira, 1996). Neste sentido, uma ferramenta de qualidade é frequentemente utilizada para desenvolver o plano de ação, conhecido como 5W2H, que consiste em cinco perguntas: O quê, quando, quem, onde, por que, como e quanto.

2.4.4.5 Execução do Plano de Ação (Fase 5)

De acordo com Andrade e Melhado (2003), uma vez desenvolvido o plano de ação, ele deve ser divulgado a todos os envolvidos ou com um problema a ser resolvido. Em seguida, o treinamento necessário deve ser realizado para que o plano possa atingir seus objetivos. Durante esta fase, as ações do plano de ação devem ser realizadas conforme definido na etapa anterior, e devidamente registradas e monitoradas. Esta fase começa com a apresentação do objetivo, tarefas e razões de cada ação do plano, e logo após, a educação e treinamento propostos pelo plano antes de iniciar a implementação das ações, a fim de estabelecer um processo padrão (Neves, 2007).

Após os funcionários terem sido devidamente treinados, deve haver verificações programadas no local onde as ações são implementadas para manter o controle durante a implementação do plano de ação. Com um planejamento sólido e uma análise de causa raiz nas etapas anteriores, as ações devem ser muito eficazes.

2.4.4.6 Verificação das Ações (Fase 6)

É nesta fase que se verifica se os procedimentos foram compreendidos e se estão sendo realizados corretamente após a conclusão de todas as ações propostas no plano de ação. Esta verificação deve ser contínua e pode ser feita tanto por observações no local onde o problema foi identificado como pelo monitoramento dos itens de controle.

Durante esta etapa, os resultados das atividades implementadas são verificados e comparados com o objetivo planejado, com base nos dados coletados durante as fases anteriores. O apoio de uma metodologia estatística é importante para reduzir a possibilidade de erros e para economizar tempo e recursos. A análise dos resultados desta fase indicará se os resultados estão de acordo com o que foi planejado (Neves, 2007).

Segundo Machado (2007), se o objetivo planejado não for alcançado, voltamos à fase de observação, para estudar novamente o problema e desenvolver um novo plano de ação. Conclui-se também que quanto maior for o tempo gasto na fase de planejamento, menor será o tempo gasto na fase de verificação da ação, pois, ao preparar um bom plano, haverá pouco a corrigir.

2.4.4.7 Padronização e Abrangência (Fase 7)

A fase de normalização consiste em eliminar definitivamente as causas identificadas, ou seja, a adoção de ações preventivas. Durante esta fase, é necessário criar ou revisar o Operador.

Desta forma, o treinamento destas medidas pode ser realizado independentemente do operador ou dos encarregados do processo. Desta forma, é necessário treinamento nestes procedimentos e normas, além do controle do uso da norma normalmente aplicada através de auditorias periódicas.

Para Campos (2014), a norma é o instrumento que estabelece o objetivo, que é o fim, e os procedimentos, que são os meios, para realizar o trabalho. Desta forma, cada funcionário é capaz de assumir a responsabilidade pelos resultados de seu trabalho e atividades. Para Umeda (1997), a norma determina os meios que devem ser aplicados repetidamente, de forma comum, para que as pessoas envolvidas possam realizar as tarefas normalmente.

A importância da norma está em dois objetivos: treinamento e solução de problemas. É muito mais prático e seguro ensinar a um novo funcionário o que fazer usando as regras existentes. Além disso, quando surge um problema, o primeiro passo é verificar se existe um padrão para ele, e se ele está correto ou precisa ser alterado (Umeda, 1997).

Esta etapa também é caracterizada como uma espécie de introdução ao ciclo de normalização, uma vez que as medidas propostas são verificadas e padronizadas, evitando assim que o problema se repita.

2.4.4.8 Conclusão e Reconhecimento da Equipe (Fase 8)

Na etapa final, as ações tomadas nas etapas anteriores são revistas. É nesta etapa que todo o processo de solução de problemas é revisto e o trabalho realizado pela equipe é reconhecido. Uma vez que a norma tenha sido definida pela empresa, ela deve ser sempre modificada para melhorá-la ainda mais. Desta forma, a empresa desenvolverá o processo de melhoria contínua e, portanto, manterá a competitividade associada às normas (Andrade & Melhado, 2003).

2.4.5 O melhoramento do ciclo PCDA com a aplicação do MASP

De acordo com Corrêa (2018), o MASP pode ser definido como um meio que busca alcançar melhor progresso nos processos de melhoria de um ambiente definido. Ela procura encontrar uma solução para o problema que permita o melhor benefício para o meio ambiente, ao mesmo tempo em que exige o menor esforço, o que pode ser caracterizado como uma decisão ótima. Segundo Monteiro (2018), o MASP "promove a solução de problemas e a obtenção de resultados através do controle de qualidade via PDCA".

De acordo com Lima (2017), o MASP se baseia no ciclo PDCA e ferramentas de qualidade, onde a identificação, análise e solução de problemas potenciais são realizadas.

Segundo Leal (2020), o MASP "é aplicado sistematicamente diante de uma situação insatisfatória ou para atingir um objetivo de melhoria estabelecido. Ele será identificado, melhorado ou removido, através de uma abordagem progressiva, que será baseada no ciclo PDCA".

Segundo Gonçalves (2017), o MASP terá duas grandes vantagens, que são: "Possibilitar a resolução de problemas de forma científica e eficiente e permitir que cada pessoa da organização seja habilitada a resolver os problemas específicos de sua responsabilidade". A Figura 7 mostra a relação entre as etapas do MASP e o ciclo PDCA.

Figura 7 - Relação entre o ciclo PDCA e as etapas do MASP:

PDCA	FLUXOGRAMA	MASP
P	→ 1	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA
	2	OBSERVAÇÃO
	3	ANÁLISE
	4	PLANO DE AÇÃO
D	5	AÇÃO
C	6	VERIFICAÇÃO
		AS AÇÕES FORAM EFICAZES?
A	7	PADRONIZAÇÃO
	8	CONCLUSÃO

Fonte: Monteiro (2018).

A Figura 7 mostra a relação entre o PDCA e o MASP. Como pode ser visto, o "plano" consiste na identificação do problema, observação, análise e plano de ação. A "execução" contém a ação, o "controle" tem a verificação, e a "ação" contém a normalização e a conclusão.

Os passos do MASP serão explicados: A identificação de problemas visa detectar quais problemas são os mais graves e analisar as prioridades; A observação visa descrever o problema analisado a fim de aumentar as possibilidades de reconhecer as causas do problema; A análise expõe as causas fundamentais do acidente em questão; O plano de ação detalha como os processos serão implementados para resolver as causas identificadas na análise; A ação implementará o plano de ação; A auditoria analisará os resultados da ação e se ela eliminou ou minimizou o problema. Se os resultados não forem satisfatórios, comece o processo novamente observando e analisando o problema; caso contrário, vá para o próximo passo; Na normalização, as ações implementadas na rotina da operação são

introduzidas para evitar que o mesmo problema ocorra novamente; e. Na Conclusão, o processo é encerrado, Na Conclusão, o processo é encerrado para finalizar o problema e é feito um registro de todas as ações tomadas com os resultados obtidos.

Segundo Moraes (2017), o MASP é uma das principais e mais tradicionais metodologias, ocorrendo a identificação de problemas nas empresas, pois ajuda os gerentes a tomar uma boa decisão através de fatos e mensuráveis, causando um melhor controle de qualquer processo, desde que bem definido e compreendido pelos funcionários, gerando, assim, resultados suficientes do plano de ação e bloqueando as causas específicas.

De acordo com Pracopio (2019), o objetivo do método é eliminar as causas de um problema, para que sejam resolvidas, e assim, não se repitam, causando a qualidade total do processo e sua melhoria contínua. Muitas empresas aplicam este método a fim de reduzir e extinguir intervenções que reduzem a produtividade do processo, gerando avanços nos aspectos de qualidade e ações corretivas.

3. Material e Métodos

3.1 Delineamento da Pesquisa

Essa pesquisa investigativa caracteriza-se por uma abordagem qualitativa, que, segundo Goldenberg (1997), Glazier (1992), Liebscher (1998), Pinsonneault e Kraemer (1993) e Freitas (2000), é adequada para compreender fenômenos em profundidade. Quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória, buscando identificar e analisar informações sobre os desafios e oportunidades na gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Para os procedimentos técnicos, foi adotada a metodologia Delphi, reconhecida por sua abordagem iterativa e qualitativa. Essa técnica é amplamente utilizada para obter consenso entre especialistas em temas que envolvem incertezas e complexidades, organizando opiniões de forma estruturada e convergente por meio de rodadas de consulta (Marques & Freitas, 2018).

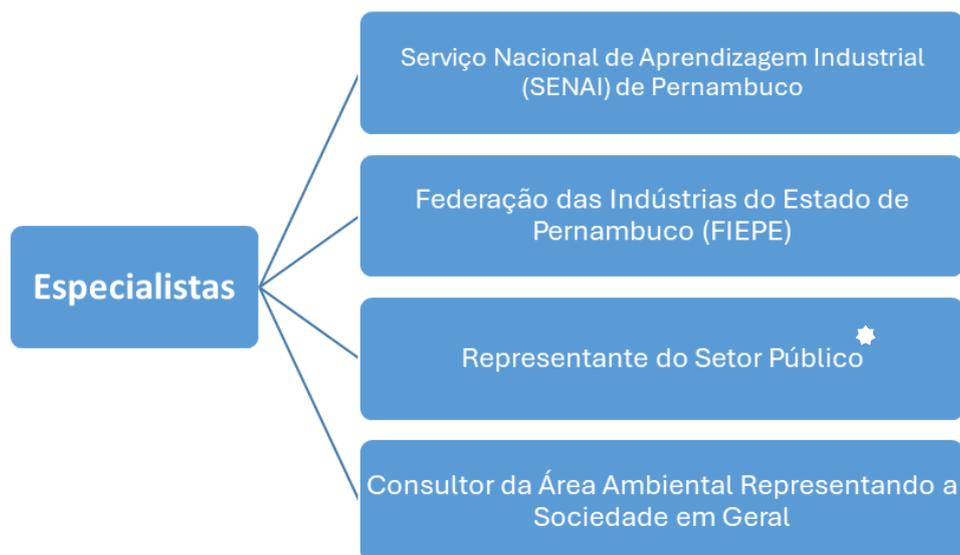
Além disso, esta pesquisa é de natureza aplicada, voltada à produção de conhecimento prático para a solução de problemas específicos. As entrevistas realizadas com especialistas em gestão de resíduos eletroeletrônicos contribuíram para o levantamento de informações detalhadas sobre a implementação de políticas públicas, com destaque para a PNRS e o Acordo Setorial.

Por fim, o diferencial das informações coletadas a partir desses participantes residiu na profundidade e especificidade de suas contribuições, permitindo compreender os desafios e as oportunidades práticas da implementação dessas políticas. Essa abordagem qualitativa considerou não apenas os aspectos técnicos, mas também as percepções e valores individuais dos especialistas, promovendo uma análise detalhada do comportamento e das decisões dos envolvidos no contexto da pesquisa.

3.2 Aplicação do Método DELPHI Simplificado

A metodologia Delphi Simplificado foi implementada com um processo detalhado para garantir a eficácia na obtenção de consenso entre especialistas (Marques & Freitas, 2018). Inicialmente, foram selecionados quatro especialistas, cada um representando uma área específica de conhecimento relevante para o tema da pesquisa, de acordo com a figura 8.

Figura 8 – Definição dos Especialistas que participaram da pesquisa:



*Representante do Governo do Estado de Pernambuco.

Fonte: O autor (2024).

A seleção dos especialistas na pesquisa foi realizada considerando sua experiência prática e teórica no campo da gestão de resíduos eletroeletrônicos, o que garantiu uma abrangência e profundidade nas contribuições coletadas. Este processo foi complementado pelo uso de uma amostra por conveniência, justificada pelas limitações de tempo e recursos disponíveis. Segue abaixo o detalhamento dos perfis dos especialistas, com ênfase em suas qualificações e a justificativa de sua escolha.

➤ **Especialista 1:**

- Formação Acadêmica: mestre em tecnologias ambientais.
- Experiência Profissional: gerente de relações industriais, com responsabilidade sobre sustentabilidade ambiental e logística reversa. realiza pesquisas em gestão de resíduos sólidos industriais e gases de efeito estufa.
- Contribuição à Gestão de REEE: conhecimento em políticas públicas e logística reversa para resíduos eletroeletrônicos.
- Justificativa: possui ampla experiência na aplicação de políticas públicas para logística reversa e conhecimentos específicos em resíduos industriais. Sua atuação ofereceu insights valiosos sobre a operacionalização de acordos setoriais e a implementação de políticas públicas eficientes, essenciais para superar os desafios na gestão de REEE.

Especialista 2:

- Formação Acadêmica: doutora em ciências da engenharia ambiental.
- Experiência Profissional: atuação em políticas públicas ambientais e objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS). coordenação de projetos em economia circular e avaliação ambiental urbana.
- Contribuição à Gestão de REEE: desenvolvimento de estratégias sustentáveis e avaliação de impacto ambiental.
- Justificativa: conhecimento em economia circular e sustentabilidade urbana. sua contribuição foi crucial para o desenvolvimento de estratégias integradas, alinhadas à economia circular, que promovem a eficácia das políticas públicas no cumprimento do acordo setorial.

➤ Especialista 3:

- Formação Acadêmica: mestre em gestão ambiental.
- Experiência Profissional: coordenação da política de resíduos sólidos no Recife. liderança em iniciativas para enfrentar mudanças climáticas.
- Contribuição à Gestão de REEE: implementação de políticas públicas para resíduos sólidos e sustentabilidade urbana.
- Justificativa: possui sólida experiência na coordenação de políticas de resíduos sólidos e enfrentamento às mudanças climáticas. Sua contribuição foi fundamental para identificar barreiras organizacionais e propor práticas de gestão que integram ações municipais às diretrizes nacionais de logística reversa.

➤ Especialista 4:

- Formação Acadêmica: mestre em gestão ambiental.
- Experiência Profissional: consultoria técnica em gestão ambiental. análise de certificação ambiental no setor de transporte público.
- Contribuição à Gestão de REEE: conhecimento em certificação ambiental e práticas sustentáveis.
- Justificativa: possui conhecimentos técnicos em certificação ambiental e práticas de gestão sustentável. Sua perspectiva contribuiu para aprimorar as análises de viabilidade técnica e econômica da implementação de sistemas de logística reversa para REEE.

Esses especialistas foram selecionados devido às suas qualificações acadêmicas e experiências práticas, que são diretamente relevantes para a gestão de resíduos eletroeletrônicos. Suas contribuições enriqueceram a pesquisa com insights práticos e teóricos, assegurando a credibilidade e a profundidade dos dados coletados.

Cada especialista foi analisado e apresentado com um "mini currículo", que inclui informações sobre sua formação acadêmica, experiência prática e teórica, e envolvimento em projetos relacionados à gestão de resíduos eletroeletrônicos. Essa abordagem permite evidenciar o conhecimento de cada um, destacando a relevância de suas contribuições para a pesquisa e assegurando a credibilidade dos dados coletados.

Essa estratégia trouxe impactos tanto positivos quanto negativos sobre a representatividade. Por um lado, permitiu um foco detalhado nas percepções de especialistas com conhecimento significativo sobre o tema, fortalecendo a análise qualitativa. Por outro, a natureza não probabilística da amostra pode limitar a generalização dos resultados, restringindo as conclusões a contextos similares aos dos especialistas selecionados. No entanto, o rigor na escolha dos participantes e o uso de metodologias robustas, como Delphi e MASP, ajudaram a mitigar esses impactos e assegurar a relevância e validade das informações coletadas.

A opção pela amostra por conveniência é uma estratégia comum em pesquisas exploratórias, pois permite a obtenção de informações preliminares de forma rápida e econômica. Embora apresente limitações quanto à generalização dos resultados, essa abordagem facilita o progresso da pesquisa ao viabilizar a coleta de dados essenciais para etapas subsequentes, como as rodadas de questionários no método Delphi Simplificado. Em contextos em que é inviável alcançar uma amostra plenamente representativa, a amostra por conveniência assegura ao menos um nível básico de representatividade, possibilitando que os dados obtidos reflitam, em parte, o universo investigado (Zangirolami-Raimundo; Echeimberg; Leone, 2018).

Após a seleção dos especialistas, foi adotado o anonimato como medida ética essencial para garantir que suas opiniões e respostas fossem fornecidas de maneira honesta e imparcial, minimizando possíveis interferências externas ou vieses. Essa abordagem visou criar um ambiente seguro, no qual os especialistas pudessem expressar livremente suas percepções e contribuir com dados genuínos e relevantes para a pesquisa.

3.3 Seleção de Especialistas

A escolha dos quatro especialistas seguiu critérios rigorosos, alinhados ao objetivo acadêmico da pesquisa. Inicialmente, foram identificados profissionais com experiência comprovada e conhecimento significativo em áreas relacionadas à gestão de REEE, logística reversa e sustentabilidade ambiental. A seleção considerou a diversidade de perspectivas, abrangendo representantes de diferentes segmentos, como setor público, setor privado, academia e organizações não governamentais. Essa heterogeneidade garantiu uma análise mais rica e integrada dos desafios e oportunidades associados ao tema.

Além disso, foi aplicado um processo estruturado de verificação das qualificações dos candidatos, incluindo análise curricular, histórico profissional e envolvimento prévio com políticas ou projetos relacionados à temática do Acordo Setorial e à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Cada especialista foi convidado a participar voluntariamente, com total transparência sobre os objetivos e o alcance do estudo.

3.4 Formulação das Questões

As questões apresentadas no questionário da pesquisa foram construídas de forma a se alinharem diretamente aos objetivos centrais da tese, que envolvem a análise da eficácia da gestão de REEE. Elas foram elaboradas a partir do referencial teórico, que destaca o papel estratégico da logística reversa, a relevância do Acordo Setorial e os desafios enfrentados na implementação de políticas públicas no contexto da PNRS. Além disso, as questões refletem a interdisciplinaridade do estudo ao abordar temas como conscientização ambiental, inovação tecnológica e impactos da gestão inadequada de resíduos.

A estrutura das questões buscou explorar múltiplas dimensões da gestão de REEE, como o nível de conhecimento dos participantes sobre o Acordo Setorial, os principais desafios na coleta e destinação de resíduos e as oportunidades para inovação e conscientização. Essas questões foram desenhadas em formato aberto, permitindo a coleta de respostas detalhadas e diversificadas, que capturam perspectivas de diferentes *stakeholders*, incluindo especialistas, representantes do setor público, privado e da sociedade civil. Essa abordagem enriquece a análise qualitativa e amplia a compreensão sobre os gargalos e potencialidades do sistema de gestão de REEE.

Adicionalmente, as perguntas foram elaboradas para conectar-se diretamente à integração metodológica entre Delphi e MASP, explorando como o consenso de especialistas pode informar e orientar as etapas subsequentes do MASP na solução de problemas críticos. A seguir, seguem as devidas justificativas para cada uma das oito questões elaboradas:

- Qual é o seu nível de conhecimento sobre o Acordo Setorial para implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos Domésticos e seus Componentes?

Esta questão inicial serve para avaliar o grau de familiaridade dos especialistas com um importante marco regulatório. Compreender o nível de conhecimento sobre o Acordo Setorial é crucial para contextualizar as respostas subsequentes e identificar possíveis lacunas informativas que possam influenciar as percepções e sugestões dos especialistas.

- Quais são, em sua opinião, os principais desafios enfrentados na coleta, reciclagem e disposição adequada de REEE?

Identificar os principais desafios é fundamental para entender as barreiras práticas e operacionais que dificultam a gestão eficaz dos REEE. Esta questão permite coletar insights sobre problemas específicos que precisam ser abordados para melhorar o sistema de logística reversa e a sustentabilidade geral.

- Que iniciativas ou estratégias você considera essenciais para promover uma gestão mais sustentável e responsável de REEE?

Esta questão busca reunir propostas concretas e inovadoras que possam ser implementadas para melhorar a gestão de REEE. A diversidade de estratégias sugeridas pelos especialistas fornecerá uma base sólida para desenvolver políticas e práticas eficazes.

- Qual é o papel das parcerias entre o setor público, a indústria, a sociedade civil e outras partes interessadas na melhoria da gestão de REEE?

A colaboração entre diferentes setores é frequentemente crucial para o sucesso de iniciativas ambientais complexas. Esta questão explora como as sinergias entre os diversos stakeholders podem ser aproveitadas para otimizar a gestão de REEE, destacando a importância de um esforço conjunto.

- Como podemos aumentar a conscientização da população sobre a importância da destinação correta de equipamentos eletrônicos usados e a redução dos impactos ambientais associados?

A conscientização pública é um componente vital na gestão de REEE. Esta questão visa identificar métodos eficazes para educar e engajar a população, promovendo comportamentos responsáveis e informados em relação ao descarte de equipamentos eletrônicos.

- Quais são, em sua opinião, os principais impactos ambientais negativos associados à gestão inadequada de REEE, e como podem ser mitigados?

Compreender os impactos ambientais é essencial para justificar a necessidade de uma gestão adequada de REEE. Esta questão busca identificar os riscos mais significativos e discutir estratégias de mitigação, fornecendo uma base para ações preventivas e corretivas.

- Em sua visão, quais oportunidades de inovação podem surgir da gestão de REEE, incluindo a criação de empregos, o desenvolvimento de novas tecnologias e a promoção da economia circular?

A gestão de REEE não só apresenta desafios, mas também oportunidades. Esta questão explora o potencial positivo, incluindo aspectos econômicos e tecnológicos, que podem ser aproveitados para fomentar a inovação e o desenvolvimento sustentável.

- Como a sociedade civil pode ser mais ativamente envolvida na gestão de REEE, garantindo que as preocupações ambientais e de saúde pública sejam adequadamente consideradas?

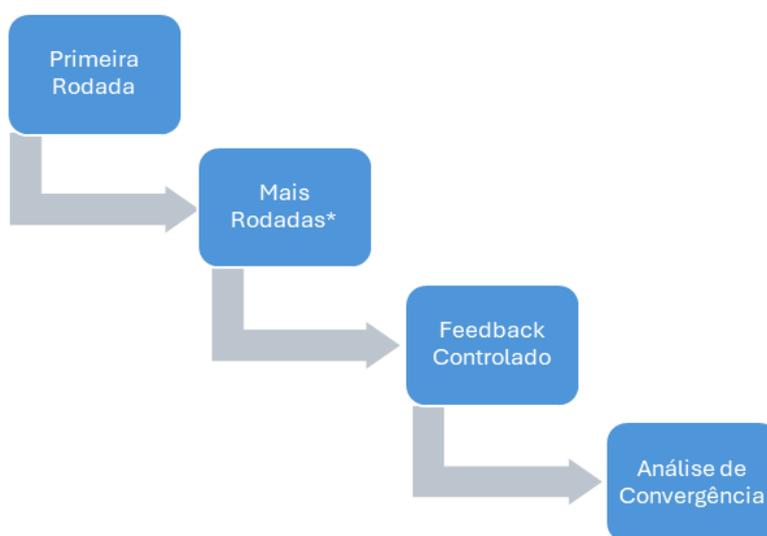
O engajamento da sociedade civil é crucial para o sucesso de políticas ambientais. Esta questão investiga maneiras de envolver ativamente a comunidade, assegurando que suas preocupações e necessidades sejam integradas no processo de gestão de REEE.

Cada uma das questões apresentadas foi formulada para captar diferentes dimensões do problema, promovendo uma análise abrangente e multidisciplinar que levará a recomendações robustas e eficazes para a gestão dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.

3.5 Atividades no Método Delphi Simplificado

A Figura 9 ilustra as etapas das atividades que foram seguidas após a definição dos especialistas, detalhando desde a formulação das questões até a consolidação das respostas e sua análise, seguindo os preceitos metodológicos do Delphi. Essa abordagem sistemática assegurou que as informações coletadas fossem confiáveis, representativas e úteis para o desenvolvimento de um plano de ação direcionado e fundamentado.

Figura 9 – Etapas das Atividades no Método Delphi Simplificado.



*Na metodologia Delphi, uma nova rodada é necessária quando há divergências significativas entre os especialistas; caso contrário, não é necessária se houver consenso.

Fonte: O autor (2024).

Na sequência, foi realizada a primeira rodada de questionamentos, na qual os especialistas receberam formulários *online* com perguntas específicas. Esta etapa visou coletar as opiniões e perspectivas iniciais dos especialistas sobre o tema. As respostas foram analisadas para preparar o *feedback* adequado.

O *feedback* foi fornecido aos especialistas de maneira estruturada, incluindo análises detalhadas das respostas obtidas e resumos das opiniões coletivas.

Seguindo a análise das respostas, foram realizadas avaliações para identificar a convergência ou divergência das opiniões. Essa etapa foi crucial para entender o grau de consenso entre os especialistas e determinar se foram necessárias mais rodadas de questionamentos.

Por fim, com base na análise de convergência, foram elaboradas as conclusões, com o consenso alcançado, essas conclusões podem ser utilizadas como

base para a tomada de decisões estratégicas ou para orientar a formulação e implementação de políticas públicas relacionadas à gestão de resíduos eletroeletrônicos.

A metodologia Delphi, caracterizada por sua flexibilidade e adaptabilidade, possibilita ajustes ao longo do processo para atender às demandas específicas da pesquisa e do contexto analisado. Essa abordagem permite obter resultados que podem impactar diretamente áreas como a logística reversa, o desenvolvimento de programas educacionais e a formulação de estratégias para superar barreiras técnicas, econômicas e sociais, promovendo soluções mais eficazes e sustentáveis na gestão ambiental e na economia circular. Para garantir a abrangência e profundidade necessárias à investigação, a seleção dos especialistas foi conduzida com base em critérios rigorosos, assegurando múltiplas perspectivas sobre o problema em estudo, conforme detalhado no Quadro 3.

Quadro 3 - Esquema da aplicação Delphi:

ETAPAS	AÇÃO	RESULTADO	OBSERVAÇÃO
Etapa 1: Preparação	Selecionar e formular as questões iniciais.	Questionário com questões abrangentes à temática.	No máximo 8 questões para não tornar a pesquisa cansativa.
Etapa 2: Seleção de Especialistas	Contatar especialistas e a aceitação para participar da pesquisa.	Equipe de especialistas diversificados.	Os critérios para seleção dos especialistas basearam-se na experiência prática e teórica, como também diversidade de atuação
Etapa 3: Primeira Rodada de Questionários	Aplicar o questionário inicial.	Engajamento dos especialistas na participação da pesquisa.	Acompanhamento para ter 100% dos questionários respondidos no prazo.
Etapa 4: Análise e Feedback	Sintetizar as respostas e o <i>feedback</i> dos especialistas.	Análise inicial das respostas dos questionários respondidos pelos especialistas envolvidos.	Análise aprofundada para identificar o consenso ou não dos especialistas em suas respostas.
Etapa 5: Consolidação dos Resultados		<i>Insights</i> elaborados a partir das respostas dos especialistas.	Indicar um plano de ação tomando como

	Elaborar e compilar os dados finais analisados e interpretados.		base os resultados obtidos.
--	---	--	-----------------------------

Fonte: O autor (2024).

A estrutura metodológica adotada seguiu um fluxo sistemático, garantindo a coleta e análise rigorosa das informações ao longo das etapas descritas. A preparação inicial e a criteriosa seleção dos especialistas asseguraram a qualidade das respostas, enquanto a aplicação dos questionários e a análise dos dados permitiram captar diferentes perspectivas e identificar pontos de convergência. A consolidação dos resultados, por fim, possibilitou a formulação de insights estratégicos, oferecendo subsídios para a tomada de decisão e a proposição de um plano de ação alinhado às necessidades identificadas na pesquisa.

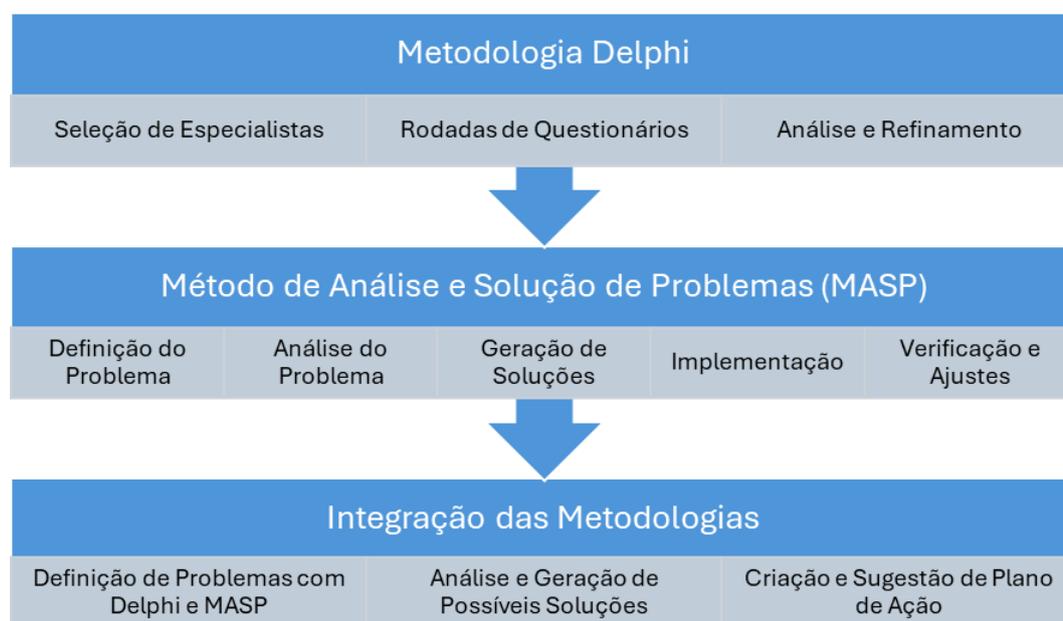
3.6 Aplicação do Método MASP

A complementaridade entre as metodologias Delphi e MASP, adotadas neste trabalho, evidencia uma convergência natural que potencializa a eficácia do processo de resolução de problemas. O Delphi, ao estruturar o consenso entre especialistas, possui etapas que coincidem diretamente com as primeiras fases do MASP, como a identificação do problema e a observação. Essa sobreposição permite que os *insights* obtidos no Delphi sejam aproveitados para fundamentar as etapas subsequentes do MASP, garantindo que a análise inicial seja sólida e baseada em múltiplas perspectivas.

Essa integração metodológica proporciona uma abordagem estruturada e iterativa. Enquanto o Delphi contribui para a coleta de informações e a priorização de problemas críticos por meio do consenso especializado, o MASP avança para fases práticas, como análise das causas, planejamento e implementação de ações corretivas. Dessa forma, as metodologias se complementam, unindo a amplitude e profundidade das análises realizadas no Delphi com a sistematicidade e pragmatismo das etapas do MASP. Essa convergência reforça a robustez da pesquisa e assegura que os problemas identificados sejam tratados de forma eficaz e alinhada às

necessidades específicas do contexto estudado. A Figura 10 apresenta um resumo das metodologias discutidas.

Figura 10 – Complementaridade entre o Delphi e MASP:



Fonte: O autor (2024).

A aplicação do MASP neste trabalho foi conduzida até a **4ª etapa — Plano de Ação**, sendo esta a última fase desenvolvida ativamente. A partir da **5ª etapa — Ação**, as atividades previstas não foram implementadas diretamente no escopo deste estudo, mas foram descritas de forma propositiva para aplicação futura pelos especialistas envolvidos.

Até a etapa de Plano de Ação, as atividades realizadas abrangeram: Identificação do Problema, Observação, Análise e a elaboração do Plano de Ação. Essas etapas serviram como base para estruturar estratégias que poderiam ser implementadas e ajustadas posteriormente. Durante a fase de Ação, o texto propõe que as ações do plano sejam realizadas conforme o definido na etapa anterior, com o devido registro e monitoramento. Essa fase incluiria a apresentação de objetivos, tarefas e justificativas para cada ação, além da capacitação necessária antes da execução, de forma a estabelecer processos padronizados.

As etapas posteriores — Verificação, Padronização e Conclusão — foram apenas delineadas como orientações para os especialistas, destacando a importância do monitoramento, ajustes e institucionalização das soluções implementadas. Essas

etapas foram estruturadas como um guia para garantir que as ações futuras sejam consolidadas de maneira eficiente.

A metodologia MASP, como descrita por Werkema (1995), foi utilizada como uma ferramenta estruturada e iterativa, alinhada ao ciclo PDCA, para abordar a solução de problemas relacionados à gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). Embora este estudo tenha avançado até a elaboração do Plano de Ação, sua aplicação prática e as etapas subsequentes foram deixadas a cargo dos especialistas, com base nos resultados e nas diretrizes estabelecidas durante o processo.

4 Resultados e Discussões

4.1 Rodada Inicial de Questionários

Na primeira rodada de aplicação dos questionários, os especialistas de cada núcleo receberam as questões específicas para análise em seus respectivos *e-mails*. Eles foram convidados a fornecer respostas completas e bem fundamentadas, expressando suas visões e conhecimentos relacionados ao tópico da gestão de REEE. A manutenção do anonimato nesta fase foi essencial, pois permitiu que os especialistas respondessem com honestidade e evitou possíveis influências externas que poderiam comprometer a objetividade das respostas.

Sendo assim, apresentam-se a seguir os principais pontos identificados na rodada inicial dos questionários aplicados:

➤ Revisão e Validação das Questões:

As questões do questionário foram revisadas para assegurar clareza, relevância e abrangência. Foram realizados testes de funcionalidade nos *links* associados às questões para garantir que todos estavam operacionais e acessíveis. Esse teste piloto foi fundamental para identificar e corrigir quaisquer possíveis problemas antes do início da primeira rodada da pesquisa Delphi.

➤ Coleta e Validação dos *E-mails* dos Especialistas:

Os *e-mails* dos especialistas selecionados foram coletados e validados para assegurar que as informações de contato estavam corretas e atualizadas.

➤ Preparação do *E-mail* de Apresentação:

Foi elaborado um *e-mail* contendo uma apresentação do pesquisador, um resumo da pesquisa e o *link* de acesso ao formulário hospedado no *Google* através do *Google Forms*. Esse *e-mail* forneceu informações contextuais importantes para os especialistas, explicando o objetivo da pesquisa e a importância de suas contribuições.

➤ Envio dos Questionários:

No dia 30 out. 2023 os questionários foram enviados para os quatro especialistas via *e-mail* pelo Gmail. O *e-mail* incluía um convite para participação, o resumo da pesquisa e o *link* para o formulário *Google Forms*.

➤ Estabelecimento do Prazo de Resposta:

O prazo de resposta foi definido em 30 dias, com o dia 30 nov. 2023 sendo o prazo máximo para a devolução dos questionários preenchidos. Esse prazo foi estabelecido para garantir tempo suficiente para que os especialistas pudessem fornecer respostas completas e bem fundamentadas.

➤ Envio de Lembrete:

Após 15 dias do envio inicial, em 15 nov. 2023 foi enviado um lembrete via *e-mail* para os especialistas que ainda não haviam respondido, reforçando a importância da participação e lembrando o prazo final para a submissão das respostas.

➤ Coleta e Análise Inicial das Respostas:

No dia 01 dez. 2023 foi realizado o *download* das respostas recebidas através do *Google Forms*. Uma análise inicial foi conduzida para verificar a completude e a consistência das respostas.

➤ Envio de *Feedback*:

Um *e-mail* de *feedback* foi enviado a todos os especialistas, agradecendo a participação e confirmando o recebimento das respostas para manter um relacionamento com os participantes e garantir a colaboração contínua nas próximas etapas da pesquisa.

➤ Preparação para a Próxima Rodada:

Após a análise inicial das respostas, percebeu-se que não havia necessidade de uma nova rodada da pesquisa Delphi. As respostas foram analisadas identificando pontos de consenso e/ou divergência.

4.2 Análise e Compilação das Respostas

A Quadro 4 a seguir, sintetiza as principais questões abordadas durante a pesquisa, cruzando as respostas fornecidas pelos especialistas com a análise dos resultados à luz do referencial teórico. Cada questão discutida é contextualizada com as observações dos especialistas, seguidas de uma análise crítica que relaciona essas respostas às práticas e desafios identificados na literatura científica. Além disso, são mencionados autores que fundamentam as análises apresentadas:

Quadro 4 - Perspectivas dos Especialistas sobre a Gestão de REEE:

QUESTÃO	RESPOSTAS DOS ESPECIALISTAS	ANÁLISE	AUTORES
Nível de Conhecimento sobre o Acordo Setorial	Conhecimento variável sobre o Acordo Setorial, refletindo a complexidade e a necessidade de educação contínua.	A variação no conhecimento dos <i>stakeholders</i> compromete a implementação eficaz da logística reversa e a adoção de boas práticas, sendo crucial que todos compreendam suas obrigações conforme a PNRS.	Dias (2016).
Desafios na Coleta, Reciclagem e Disposição Adequada de REEE	Desafios mencionados incluem complexidade logística, altos custos e fragilidade da legislação, que podem levar ao descarte inadequado.	A fragilidade das legislações e a falta de integração na cadeia produtiva dificultam a efetividade dos sistemas de coleta e gestão de REEE, demandando soluções integradas e regulamentações mais rígidas.	Rodrigues (2018); Vilela (2019).
Iniciativas para uma Gestão Mais Sustentável e Responsável de REEE	Propostas de políticas públicas eficazes e educação ambiental para consumidores.	A educação e a comunicação são essenciais para promover mudanças no comportamento dos consumidores e para o sucesso da logística reversa, além de serem pilares da responsabilidade compartilhada prevista pela PNRS.	Siqueira (2017).
Papel das Parcerias entre Setor Público, Indústria e Sociedade Civil	Reconhecimento da importância das parcerias na conscientização e fiscalização da PNRS.	Parcerias são fundamentais para alinhar esforços e consolidar a infraestrutura necessária para a coleta e reciclagem de REEE, sendo essenciais para promover inovação e reduzir custos nos processos.	Ferreira e Almeida (2020); Costa (2022).

Aumento da Conscientização da População	Ênfase em campanhas educativas para incentivar o descarte correto de eletrônicos.	A conscientização pública é central para a mudança de comportamento e promoção da responsabilidade ambiental, sendo crucial para a implementação eficaz do Acordo Setorial e para mitigar os impactos ambientais negativos associados aos REEE.	Fonseca (2018).
Principais Impactos Ambientais Negativos e Mitigação	Identificação da contaminação por metais pesados e poluição ambiental como consequências da gestão inadequada de REEE.	A mitigação dos impactos ambientais requer regulamentações rigorosas, infraestrutura adequada e educação contínua sobre práticas responsáveis, sendo essencial para evitar os graves danos ambientais associados aos REEE.	Santos (2019).
Oportunidades de Inovação na Gestão de REEE	Indicação de criação de empregos, desenvolvimento de novas tecnologias e promoção da economia circular.	A economia circular representa uma oportunidade significativa para transformar resíduos em recursos valiosos, impulsionando a economia verde e promovendo práticas sustentáveis dentro da cadeia produtiva de eletrônicos.	Silva (2020).
Envolvimento da Sociedade Civil na Gestão de REEE	Destaque para a necessidade de campanhas educativas e parcerias para engajar a sociedade civil.	O envolvimento da sociedade civil é fundamental para garantir que a gestão de resíduos considere integralmente as preocupações ambientais e de saúde pública, reforçando a implementação de práticas sustentáveis conforme previsto na PNRS.	Lima (2021).

Fonte: O autor (2024).

A análise das respostas dos especialistas, quando alinhadas com a literatura existente, revela que, embora haja um reconhecimento das dificuldades na implementação e gestão da logística reversa de REEE, também existem oportunidades significativas para inovação e melhoria. A educação contínua, o fortalecimento das parcerias entre diferentes setores e o aumento da conscientização pública são aspectos cruciais para superar os desafios identificados. A convergência entre as práticas atuais e as recomendações teóricas sugere que, com as abordagens corretas, é possível avançar de maneira eficaz na gestão sustentável de REEE, contribuindo para uma economia mais circular e ambientalmente responsável.

Abaixo, segue uma análise qualitativa de correlação das respostas dos especialistas, utilizando as perguntas do questionário (P1 = Pergunta 1, seguindo a sequência das 8 perguntas), visando identificar convergências e divergências nas percepções e propostas apresentadas.

Para uma melhor estruturação da análise, os níveis de conhecimento foram categorizados em três grupos distintos: **básico**, **intermediário** e **avançado**. Essa classificação foi definida com base na complexidade das respostas fornecidas pelos especialistas, alinhando-se tanto à profundidade conceitual demonstrada quanto à experiência prática relatada.

O nível **básico** compreende respostas que indicam uma familiaridade inicial com os conceitos fundamentais da logística reversa de REEE, sem um aprofundamento técnico substancial. O nível **intermediário** abrange aqueles que demonstram um conhecimento mais estruturado, com entendimento dos desafios operacionais e das implicações regulatórias, porém sem domínio total das soluções mais avançadas. Já o nível **avançado** engloba especialistas cuja experiência permite uma visão crítica e estratégica sobre o tema, incluindo a proposição de soluções inovadoras e a consideração de variáveis complexas no processo de gestão sustentável dos REEE.

➤ Conhecimento sobre o Acordo Setorial (P1):

Avançado: Especialistas 1 e 3 (demonstram um conhecimento sólido). Intermediário: Especialistas 2 e 4 (possuem algum conhecimento, mas não tão aprofundado).

➤ Desafios na coleta, reciclagem e disposição de REEE (P2):

Avançado: Especialista 1 (menciona a legislação, demonstrando visão estratégica).

Intermediário: Especialistas 2, 3 e 4 (identificam desafios relevantes, mas sem uma abordagem estratégica aprofundada).

➤ Iniciativas para gestão sustentável de REEE (P3):

Avançado: Especialistas 1 e 2 (focam na definição de papéis, indicando conhecimento estruturado). Intermediário: Especialistas 3 e 4 (ênfaticam comunicação e educação ambiental, aspectos importantes, mas não diretamente estruturais para a gestão).

➤ Papel das parcerias (P4):

Intermediário: Todos os especialistas (há consenso sobre a importância das parcerias, mas sem aprofundamento em mecanismos específicos).

➤ Conscientização da população (P5):

Intermediário: Todos os especialistas (reconhecem a relevância da conscientização, mas sem detalhamento de estratégias mais avançadas).

➤ Impactos ambientais negativos (P6):

Intermediário: Todos os especialistas (há entendimento dos impactos, mas as sugestões de mitigação não exploram soluções mais sofisticadas).

➤ Oportunidades de inovação (P7):

Avançado: Todos os especialistas (reconhecem a economia circular e desenvolvimento tecnológico como oportunidades estratégicas).

➤ Envolvimento da sociedade civil (P8):

Intermediário: Todos os especialistas (destacam o papel da sociedade civil, mas sem detalhamento sobre mecanismos concretos de engajamento).

A análise qualitativa das respostas dos especialistas revelou importantes convergências nas percepções e propostas relacionadas à gestão de REEE. Enquanto o conhecimento sobre o Acordo Setorial varia entre os participantes, há consenso sobre a relevância de políticas públicas claras, educação ambiental e

parcerias estratégicas para superar os desafios identificados. Aspectos como logística, custos e fiscalização foram apontados como barreiras, mas também surgiram oportunidades significativas, como a promoção da economia circular e a inovação tecnológica. A conscientização e o engajamento da sociedade civil foram unanimemente reconhecidos como elementos essenciais para alcançar uma gestão sustentável e eficaz de resíduos.

Com base nas percepções dos especialistas, fica evidente que a gestão de REEE demanda ações coordenadas entre diversos atores, incluindo setor público, indústria, consumidores e sociedade civil. A promoção de iniciativas que priorizem a educação ambiental, o fortalecimento de políticas públicas e a inovação tecnológica é essencial para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades identificadas. A integração dessas perspectivas oferece um caminho sólido para avançar em direção a um modelo sustentável de gestão de resíduos eletroeletrônicos, garantindo a eficiência e a responsabilidade compartilhada entre todos os envolvidos.

A partir das respostas fornecidas pelos especialistas, foi possível realizar uma reflexão abrangente, considerando tanto aspectos individuais quanto coletivos, além de perspectivas qualitativas sobre os desafios e oportunidades identificados. Essa análise permitiu a criação de categorias que facilitam a organização e a interpretação das informações coletadas. Essas categorias serão apresentadas a seguir, proporcionando uma estrutura clara e sistemática para a compreensão dos dados e a elaboração de estratégias eficazes na gestão de REEE.

➤ Nível de Conhecimento sobre o Acordo Setorial:

Os especialistas revelaram um conhecimento variável sobre o Acordo Setorial para a implantação de Sistema de Logística Reversa de REEE, o que reflete a complexidade e a necessidade contínua de educação e atualização na área ambiental. A conscientização sobre acordos e legislações é crucial para assegurar a implementação eficaz de práticas de gestão de REEE, destacando a importância de uma base sólida de conhecimento para orientar políticas e ações.

➤ Desafios na Coleta, Reciclagem e Disposição Adequada de REEE:

Os especialistas mencionaram desafios como a complexidade logística, o alto custo da reciclagem e a fragilidade da legislação, que pode levar ao descarte inadequado. Esses desafios destacam a necessidade urgente de soluções integradas

que envolvam todos os stakeholders da cadeia produtiva, desde fabricantes até consumidores, para garantir um ciclo de vida sustentável para os produtos eletrônicos.

➤ Iniciativas para uma Gestão Mais Sustentável e Responsável de REEE:

Os especialistas propuseram políticas públicas mais eficazes, comunicação e educação ambiental direcionadas aos consumidores. Essas iniciativas sublinham a importância de um engajamento amplo e coordenado entre governo, indústria e sociedade civil para promover práticas sustentáveis de gestão de REEE, enfatizando a responsabilidade compartilhada e a conscientização pública.

➤ Papel das Parcerias entre Setor Público, Indústria e Sociedade Civil:

Os especialistas reconheceram o papel fundamental das parcerias na promoção da conscientização e fiscalização da PNRS. Essas parcerias são essenciais para integrar esforços e recursos na implementação de sistemas eficazes de logística reversa, enfatizando a necessidade de colaboração para alcançar impactos significativos na gestão de REEE.

➤ Aumento da Conscientização da População:

Os especialistas enfatizaram campanhas educativas e promoções para incentivar o descarte correto de equipamentos eletrônicos. A conscientização pública é um pilar central na mudança de comportamento e na promoção da responsabilidade ambiental, sendo necessária para mitigar os impactos negativos associados à gestão inadequada de REEE.

➤ Principais Impactos Ambientais Negativos e Mitigação:

Os especialistas identificaram a contaminação por metais pesados e a poluição ambiental como consequências da gestão inadequada de REEE. A mitigação desses impactos requer regulamentação rigorosa, infraestrutura adequada para reciclagem e educação contínua sobre práticas ambientais responsáveis.

➤ Oportunidades de Inovação na Gestão de REEE:

Os especialistas apontaram para a criação de empregos, desenvolvimento de novas tecnologias e promoção da economia circular através da gestão de REEE. Há um potencial significativo para transformar resíduos em recursos valiosos,

impulsionando a economia verde e promovendo práticas sustentáveis dentro da cadeia produtiva de eletrônicos.

➤ Envolvimento da Sociedade Civil na Gestão de REEE:

Os especialistas destacaram a necessidade de campanhas educativas e parcerias para engajar a sociedade civil na gestão responsável de REEE. O envolvimento ativo da sociedade civil é essencial para garantir que preocupações ambientais e de saúde pública sejam consideradas integralmente, fortalecendo a implementação de práticas sustentáveis.

4.3 Análise de Compatibilidade das Respostas

A análise das respostas fornecidas pelos quatro especialistas revelou uma compatibilidade substancial em relação aos tópicos abordados, conforme evidenciado pelos seguintes aspectos:

➤ Conhecimento e percepção geral:

Todos os especialistas demonstraram um bom entendimento geral das questões relacionadas à REEE, com variações limitadas em termos de profundidade e detalhes. As respostas refletem um consenso sobre a importância das políticas públicas, parcerias intersetoriais e educação ambiental, evidenciando uma visão comum sobre os principais desafios e oportunidades no setor.

➤ Identificação de desafios e iniciativas:

Os especialistas identificaram desafios similares na gestão de REEE, como barreiras logísticas, custos de reciclagem e necessidade de conscientização pública. As iniciativas propostas para enfrentar esses desafios, incluindo a necessidade de políticas claras e sistemas eficientes, foram amplamente convergentes. Essas respostas indicam uma compreensão compartilhada das questões centrais e das soluções potenciais.

➤ Oportunidades de inovação e envolvimento da sociedade civil:

A análise revelou um consenso sobre as oportunidades de inovação na economia circular e no desenvolvimento de novas tecnologias, bem como a importância do envolvimento da sociedade civil através de campanhas educativas e

participação comunitária. Essa convergência nas percepções fortalece a validade das respostas e sugere que as opiniões dos especialistas estão alinhadas.

➤ Feedback e ações futuras:

A primeira rodada de perguntas resultou em um *feedback* consistente e construtivo, que abrangeu de maneira adequada os objetivos da pesquisa. As respostas foram suficientemente detalhadas e abrangentes para fornecer uma visão clara e prática das questões abordadas. A análise preliminar dos dados não revelou discrepâncias significativas que justifiquem a necessidade de uma nova rodada.

➤ Justificativa para a não necessidade de nova rodada:

Optou-se por realizar apenas uma rodada de perguntas devido à alta compatibilidade das respostas obtidas, que indicaram um consenso entre os participantes logo na etapa inicial. Essa característica permitiu a adoção de uma abordagem simplificada da metodologia Delphi, eliminando a necessidade de rodadas subsequentes para consolidação de opiniões. As principais razões são:

- a) Convergência das respostas: as respostas dos especialistas mostraram convergência em relação aos principais desafios, iniciativas e oportunidades na gestão de REEE. A falta de discrepâncias significativas entre as respostas indica que um consenso substancial já foi alcançado.
- b) Suficiência dos dados obtidos: as respostas fornecidas foram detalhadas e abrangentes o suficiente para abordar os objetivos da pesquisa de forma eficaz. As informações coletadas oferecem uma boa base para a formulação de recomendações e estratégias, sem a necessidade de refinamento adicional por meio de uma nova rodada de perguntas.
- c) Alinhamento dos especialistas: o alinhamento observado nas respostas dos quatro especialistas sugere que as questões foram compreendidas e abordadas de maneira semelhante, reduzindo a necessidade de ajustes adicionais. A abordagem de consenso foi bem-sucedida em captar as principais perspectivas e preocupações dos especialistas.
- d) Eficiência do processo: a realização de uma nova rodada de perguntas pode não agregar valor significativo ao processo, uma vez que o objetivo de alcançar um consenso já foi atingido. A análise das respostas indica que o processo

Delphi simplificado, aplicado, atingiu seus objetivos de forma eficiente, e a continuidade com as informações já coletadas é uma abordagem prática e adequada.

Dessa forma, as respostas dos especialistas revelam uma convergência significativa quanto aos desafios críticos e às oportunidades emergentes na gestão de REEE. A simplificação da abordagem Delphi para uma única rodada de perguntas deve-se ao alto grau de compatibilidade entre as respostas, evidenciando um consenso suficiente entre os participantes. Conforme apontam Wright e Giovinazzo (2000), em determinados contextos, uma única rodada pode ser eficaz, garantindo a validade dos resultados e viabilizando uma análise ágil e direcionada, sem comprometer a adequação metodológica da pesquisa.

Além de otimizar tempo e recursos, a adaptação do método Delphi assegura que as contribuições dos especialistas sejam integradas de forma eficiente, reforçando a qualidade e a relevância dos achados (Keeney *et al.*, 2016). A flexibilidade inerente à metodologia permite ajustes conforme as necessidades específicas do estudo, possibilitando alcançar resultados de maneira objetiva e alinhada ao propósito da investigação. Além disso, conforme destacado por Ludwig (1997), a eficiência de uma única rodada é particularmente evidente em pesquisas que buscam obter uma avaliação inicial ou quando as limitações de tempo dos participantes são um fator determinante.

Por fim, o método Delphi simplificado tem sido descrito na literatura como suficientemente adaptável para acomodar variações no número de rodadas, desde que o objetivo da pesquisa seja atendido. Estudos como os de Brockhoff (1975) evidenciam que a condução de apenas uma rodada pode ser uma escolha válida quando há um alto nível de concordância entre os especialistas envolvidos, o que justifica a estratégia adotada nesta tese (Brockhoff, 1975). Dessa forma, a opção por limitar o processo a uma única rodada reflete uma abordagem metodológica que visa maximizar a eficiência sem sacrificar a profundidade da análise.

4.4 Análise das Barreiras e Estratégias Identificadas no Método DELPHI

A Quadro 5 a seguir, apresenta as principais barreiras e estratégias na gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, destacando os desafios para o cumprimento do Acordo Setorial, identificadas no método Delphi simplificado:

Quadro 5 - Principais Barreiras e Estratégias Identificadas no Método DELPHI simplificado:

Barreiras	Estratégias
<u>Descarte inadequado:</u> Possibilidade de descarte inadequado de REEE, levando à contaminação do meio ambiente e riscos à saúde pública.	<u>Desenvolvimento de novas tecnologias:</u> Potencial para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para o tratamento e reciclagem de REEE, criando oportunidades de negócios e empregos.
<u>Não cumprimento do Acordo Setorial:</u> Falta de adesão das empresas ao Acordo Setorial, resultando em atrasos na implementação de sistemas de logística reversa e na gestão adequada de REEE.	<u>Parcerias público-privadas:</u> Possibilidade de estabelecer parcerias entre o setor público e a indústria para a implementação de sistemas de logística reversa eficazes e a promoção da economia circular.
<u>Falta de conscientização:</u> Baixo nível de conscientização da população sobre a importância do descarte correto de REEE, dificultando a participação efetiva dos consumidores na coleta seletiva.	<u>Conscientização da população:</u> Potencial para aumentar a conscientização da população sobre a importância do descarte correto de REEE por meio de campanhas educativas e programas de sensibilização.
<u>Desigualdade na distribuição de recursos:</u> Possibilidade de desigualdade na distribuição de recursos e investimentos em infraestrutura de gestão de REEE entre diferentes regiões, resultando em disparidades na eficiência do sistema de logística reversa.	<u>Investimento em infraestrutura:</u> Possibilidade de investimento em infraestrutura de reciclagem e tratamento de REEE, criando empregos e promovendo o desenvolvimento econômico sustentável.

Fonte: O autor (2024).

A gestão de REEE enfrenta desafios significativos que comprometem a eficiência da logística reversa e a sustentabilidade do setor. Problemas como descarte inadequado, que resulta na contaminação ambiental e riscos à saúde pública, e a desigualdade na distribuição de recursos, que limita a infraestrutura de gestão de resíduos em diversas regiões, dificultam a implementação de soluções eficazes. Além disso, a baixa conscientização da população reduz a adesão às práticas corretas de descarte, enquanto a falta de cumprimento do Acordo Setorial por parte das empresas atrasa o desenvolvimento de um sistema eficiente de logística reversa.

Após identificar essas barreiras, torna-se essencial adotar metodologias estruturadas para superá-las. O MASP surge como uma abordagem eficaz para enfrentar esses desafios, permitindo uma investigação detalhada das causas e a implementação de soluções sustentáveis. Dessa forma, a gestão de REEE pode ser continuamente aprimorada, garantindo maior eficiência na logística reversa e minimizando os impactos ambientais e sociais associados ao descarte inadequado.

4.5 Aplicação do Método MASP

Nessa etapa, vão ser descritas as fases da aplicação do MASP com base nos resultados do método Delphi simplificado, apresentados anteriormente. Os resultados obtidos demonstraram que as ações implementadas têm potencial para impactar positivamente os ODS, especialmente por meio do fortalecimento de cadeias sustentáveis (ODS 12), da redução de impactos ambientais associados ao descarte inadequado (ODS 15) e da ampliação da conscientização e engajamento de diferentes atores na cadeia de reciclagem (ODS 17). Esses avanços reforçam a relevância de adotar práticas que integrem metas globais à gestão local.

Sendo assim, apresenta-se a seguir o detalhamento de cada etapa do MASP, com base nas barreiras e estratégias identificadas por meio da aplicação da técnica Delphi.

4.6.1. Identificação do Problema

➤ Problemas Identificados:

A partir da análise das barreiras e estratégias identificadas por meio do método Delphi simplificado, foram destacados quatro principais problemas, os quais estão detalhados na Quadro 6 a seguir:

Quadro 6 - Principais Problemas Identificados pelo Método Delphi simplificado:

Problemas Identificados	Descrição dos Especialistas (Método Delphi)
Descarte inadequado de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)	Há uma preocupação significativa com o descarte inadequado de REEE, que pode levar à contaminação do meio ambiente e representar riscos à saúde pública. Esse problema é agravado pela falta de pontos de coleta acessíveis e pela ausência de regulamentação e fiscalização rigorosa.
Falta de adesão ao Acordo Setorial	Muitas empresas não estão aderindo ao Acordo Setorial, resultando em atrasos na implementação de sistemas de logística reversa e na gestão adequada de REEE. Esse desinteresse pode ser atribuído aos custos elevados e à falta de incentivos governamentais.
Baixo nível de conscientização sobre o descarte correto de REEE	O baixo nível de conscientização da população sobre a importância do descarte correto de REEE dificulta a participação efetiva dos consumidores na coleta seletiva. Isso se deve à falta de campanhas educativas e ao baixo engajamento da mídia e das escolas em promover a educação ambiental.

Desigualdade na distribuição de recursos para gestão de REEE	Existe uma possibilidade de desigualdade na distribuição de recursos e investimentos em infraestrutura de gestão de REEE entre diferentes regiões. Essa disparidade resulta em ineficiências no sistema de logística reversa e impede um gerenciamento eficaz e equitativo dos resíduos.
---	--

Fonte: autor (2024).

A análise dos problemas relacionados à gestão de REEE revela desafios significativos, como o descarte inadequado, a falta de adesão ao Acordo Setorial, o baixo nível de conscientização da população e a desigualdade na distribuição de recursos. Esses fatores combinados resultam em riscos ambientais e de saúde pública, além de ineficiências no sistema de logística reversa.

Para superar esses obstáculos, é crucial uma responsabilidade compartilhada entre os diferentes atores envolvidos. O governo deve fortalecer a fiscalização e os incentivos para garantir a adesão ao Acordo Setorial e investir de maneira equitativa nas infraestruturas necessárias. As empresas precisam melhorar seus sistemas de coleta e destinação de REEE, enquanto a sociedade civil e consumidores devem ser engajados por meio de campanhas educativas, contribuindo com o descarte adequado e a participação ativa na logística reversa. Essa colaboração mútua é fundamental para mitigar os impactos negativos e criar um sistema mais eficiente e sustentável.

Para mitigar esses problemas, conforme a primeira etapa do MASP, que se refere à identificação do problema, destacam-se a seguir os principais pontos que devem ser seguidos:

➤ Verificação do histórico dos problemas

Para verificar o histórico dos problemas relacionados ao descarte inadequado de REEE, falta de adesão ao Acordo Setorial, baixo nível de conscientização e desigualdade na distribuição de recursos, é essencial adotar uma abordagem metódica e sistemática.

➤ Identificação das perdas atuais e dos possíveis ganhos

A identificação das perdas atuais deve focar nas consequências diretas e indiretas dos problemas identificados. Para o descarte inadequado de REEE, as

perdas podem incluir contaminação ambiental, riscos à saúde pública e custos elevados de remediação.

A falta de adesão ao Acordo Setorial pode resultar em ineficiências nos sistemas de logística reversa e perdas econômicas devido à não implementação de práticas de reciclagem eficientes.

O baixo nível de conscientização pode levar a uma menor participação da população na coleta seletiva, resultando em maiores volumes de REEE descartados incorretamente e desperdício de recursos valiosos.

A desigualdade na distribuição de recursos pode resultar em disparidades regionais na eficácia da gestão de REEE, comprometendo a equidade e a sustentabilidade do sistema.

Por outro lado, os possíveis ganhos ao abordar esses problemas podem ser significativos. A melhoria na gestão de REEE pode levar a um ambiente mais limpo e seguro, reduzir os custos associados à contaminação e à saúde pública, e promover a recuperação de materiais valiosos. A adesão ao Acordo Setorial pode aumentar a eficiência dos sistemas de logística reversa e criar oportunidades econômicas no setor de reciclagem. Aumentar a conscientização da população pode resultar em maior participação na coleta seletiva, melhorando a eficácia geral do sistema. Finalmente, a equidade na distribuição de recursos pode assegurar que todas as regiões beneficiem igualmente das iniciativas de gestão de REEE, promovendo um desenvolvimento sustentável mais homogêneo.

➤ Priorização dos problemas

A priorização dos problemas deve ser baseada na análise de seu impacto e urgência. O descarte inadequado de REEE pode ser considerado de alta prioridade devido aos seus impactos ambientais e à saúde pública imediatos.

A falta de adesão ao Acordo Setorial também deve ser prioritária, pois a implementação eficaz de sistemas de logística reversa é crucial para a gestão sustentável de REEE. O baixo nível de conscientização deve ser abordado de forma contínua, já que é um fator crítico para a participação da população. A desigualdade na distribuição de recursos, embora importante, pode ser tratada em paralelo com as outras questões, garantindo que medidas iniciais não agravem as disparidades regionais.

➤ Nomeação dos responsáveis

A nomeação dos responsáveis pela resolução dos problemas identificados é importante para garantir a implementação eficaz das soluções propostas. Os responsáveis devem incluir representantes governamentais, autoridades reguladoras, empresas de gestão de resíduos, ONGs, instituições de pesquisa e educação, e líderes comunitários.

O governo, por meio de suas agências ambientais e de saúde, deve liderar a regulamentação e fiscalização, assegurando que os pontos de coleta sejam acessíveis e que as práticas de descarte adequado sejam seguidas. As empresas de gestão de resíduos e as associações setoriais devem ser responsáveis pela implementação de sistemas de logística reversa e adesão ao Acordo Setorial. As ONGs e instituições de pesquisa devem promover campanhas educativas e programas de conscientização, enquanto as escolas e a mídia devem engajar a população e disseminar informações sobre a importância do descarte correto de REEE. Os líderes comunitários devem garantir que as iniciativas de gestão de REEE sejam inclusivas e beneficiem todas as regiões de forma equitativa.

4.6.2. Observação

➤ Coleta de dados

Para entender melhor a extensão e a natureza dos problemas identificados na fase anterior, a coleta de dados é essencial. Este processo deve ser abrangente e rigoroso, incluindo informações detalhadas sobre o volume de REEE descartado inadequadamente, taxas de adesão das empresas ao Acordo Setorial, níveis de conscientização da população e dados sobre a distribuição de recursos para a gestão de REEE.

➤ Investigação do problema

Após a coleta de dados, a investigação do problema deve ser aprofundada para identificar causas subjacentes e fatores críticos.

A investigação deve incluir entrevistas com *stakeholders* chave, como representantes de empresas, autoridades governamentais, organizações não governamentais e membros da comunidade. Além disso, a análise documental de políticas e regulamentos existentes pode revelar lacunas e áreas que necessitam de melhorias. A triangulação dos dados coletados de diversas fontes é crucial para

assegurar a precisão e a abrangência da investigação, permitindo uma compreensão holística dos problemas.

➤ Priorização das variáveis observadas

Com base nos dados coletados e na investigação realizada, é necessário priorizar as variáveis observadas que mais impactam os problemas identificados.

Variáveis como volume de REEE descartado inadequadamente, nível de adesão ao Acordo Setorial e conscientização pública devem ser analisadas para determinar quais têm maior impacto e urgência. A priorização dessas variáveis permitirá focar os esforços nas áreas que trarão os maiores benefícios e resolverão os problemas de forma mais eficaz.

➤ Coleta de informações no local do problema

A visita aos locais de descarte de REEE e às infraestruturas existentes em diferentes regiões é uma parte vital da etapa de observação. Esta observação direta ajuda a contextualizar os problemas e identificar fatores críticos que necessitam de intervenção.

➤ Definição de cronograma, orçamento e metas

O primeiro problema identificado, o descarte inadequado de REEE, gera preocupações ambientais e de saúde pública, exacerbadas pela falta de pontos de coleta acessíveis e pela ausência de fiscalização eficaz. A observação deve focar na análise de dados de contaminação e mapeamento dos locais onde o descarte inadequado é mais prevalente. A partir dessas observações, é possível construir um cronograma que contemple um período de 3 a 6 meses para a realização de auditorias e monitoramento, prevendo um orçamento que cubra os custos de equipes de campo e o desenvolvimento de soluções tecnológicas para rastreamento de resíduos. Como meta, deve-se buscar aumentar a cobertura dos pontos de coleta em 20% nas áreas críticas, além de otimizar o sistema de fiscalização.

Em relação à falta de adesão ao Acordo Setorial, a observação precisa investigar quais empresas aderiram e porque, além de mapear os obstáculos enfrentados pelas que ainda não participam. Isso envolve entender os altos custos e a falta de incentivos governamentais que desestimulam a participação. Com base nisso, é possível definir um cronograma de 4 a 6 meses para reuniões com empresas

do setor, a fim de identificar barreiras e propor soluções. O orçamento deve incluir workshops e estudos de viabilidade econômica, com a meta de aumentar a adesão ao acordo em 10% dentro de 12 meses, utilizando incentivos fiscais e parcerias público-privadas.

O baixo nível de conscientização sobre o descarte correto de REEE foi outro problema identificado pelos especialistas. A observação deve focar no mapeamento das falhas em campanhas educativas, no impacto limitado das mídias e na ausência de educação ambiental no currículo escolar. Com esses dados, o cronograma de ação pode incluir um plano de conscientização dividido em duas fases: uma campanha inicial de 3 meses, seguida por uma fase de avaliação e ajustes por mais 3 meses. O orçamento deve cobrir a produção de materiais educacionais, campanhas em mídias sociais e a capacitação de professores. A meta será aumentar o engajamento da população em 15% e expandir a inclusão de temas ambientais no currículo escolar de 10 escolas em um ano.

Por fim, a desigualdade na distribuição de recursos para a gestão de REEE requer uma observação detalhada para identificar as regiões mais prejudicadas. Deve-se analisar os dados sobre o financiamento governamental e privado, além de realizar um estudo comparativo da infraestrutura regional. O cronograma pode prever um período de 6 meses para o levantamento e mapeamento dos investimentos, com um orçamento voltado para estudos regionais e workshops que articulem soluções com o setor privado e ONGs. A meta será reduzir a disparidade na alocação de recursos entre as regiões mais favorecidas e as menos favorecidas em 25% no prazo de 18 meses.

4.6.3. Análise

➤ Identificação da causa raiz

A principal causa raiz do descarte inadequado de REEE está na ausência de uma infraestrutura eficaz de pontos de coleta, bem como na falta de políticas públicas rigorosas para fiscalização e controle desse processo. Além disso, a falta de informação adequada para a população sobre os riscos ambientais e à saúde também agrava o problema.

Os altos custos associados à implementação da logística reversa e a ausência de incentivos financeiros por parte do governo, são causas que impactam a gestão de

REEE. Empresas percebem que os custos de adesão superam os benefícios, o que gera desinteresse em cumprir as exigências do acordo.

➤ Relacionamento dos modos de falha observados e seus efeitos

Para o problema do descarte inadequado de REEE, foram observados os seguintes modos de falha: falta de pontos de coleta acessíveis, ausência de regulamentação e fiscalização eficazes, e o desconhecimento da população sobre os locais de descarte. Os principais efeitos desses modos de falha incluem contaminação ambiental, riscos à saúde pública e aumento nos custos de gestão de resíduos, conforme detalhado na Quadro 7.

Quadro 7 – Relacionamento dos modos de falha observados e seus efeitos:

Descarte inadequado de REEE	Falta de pontos de coleta acessíveis	Infraestrutura insuficiente	Contaminação ambiental, Riscos à saúde pública
Falta de adesão ao Acordo Setorial	Desinteresse das empresas	Altos custos e falta de incentivos	Atrasos na implementação da logística reversa
Baixo nível de conscientização	Falta de campanhas educativas	Falta de investimento e engajamento escolar	Menor participação na coleta seletiva
Desigualdade na distribuição de recursos	Diferenças econômicas e políticas	Falta de políticas públicas equitativas	Desigualdade regional na gestão de REEE

Fonte: O autor (2024).

No caso da falta de adesão ao Acordo Setorial, os modos de falha incluem o desinteresse das empresas devido aos custos elevados, a falta de incentivos governamentais, e lacunas na comunicação e coordenação entre as partes interessadas. Os efeitos disso são atrasos na implementação de sistemas de logística reversa e ineficiências na gestão de REEE.

Para o baixo nível de conscientização, os modos de falha observados são a falta de campanhas educativas, baixo engajamento da mídia e das escolas, e o desinteresse da população. Os efeitos incluem uma menor participação na coleta seletiva e um aumento no volume de REEE descartado inadequadamente.

Por fim, a desigualdade na distribuição de recursos para gestão de REEE se deve a diferenças econômicas e políticas entre regiões, falta de planejamento estratégico e equitativo, e ausência de políticas públicas focadas na igualdade regional. Os efeitos incluem disparidades regionais na eficácia da gestão de REEE e uma gestão ineficaz dos resíduos em regiões menos favorecidas.

➤ Relato das causas prováveis dos modos de falha observados

Para o descarte inadequado de REEE, as causas prováveis incluem a falta de infraestrutura adequada para pontos de coleta, a ausência de políticas rigorosas e fiscalização, e a falta de conhecimento da população sobre os pontos de descarte. Para a falta de adesão ao Acordo Setorial, as causas prováveis são os altos custos envolvidos na implementação de sistemas de logística reversa, a falta de incentivos financeiros e fiscais por parte do governo, e uma comunicação deficiente entre as partes interessadas.

No caso do baixo nível de conscientização, as causas prováveis incluem a ausência de campanhas educativas eficazes, a falta de engajamento de mídia e instituições educacionais, e o desinteresse da população devido à falta de informações adequadas.

Para a desigualdade na distribuição de recursos, as causas prováveis são as disparidades econômicas e políticas entre regiões, a falta de um planejamento estratégico que considere a equidade regional, e a ausência de políticas públicas que promovam a igualdade na gestão de REEE.

➤ Coleta de informações das causas prováveis (Hipóteses)

As hipóteses sobre as causas incluem a dispersão geográfica dos pontos de coleta, que limita o acesso de parte significativa da população, e a falha na aplicação de regulamentações que incentivem o descarte correto. Outra hipótese seria a falta de integração entre os diferentes setores envolvidos na logística reversa, como empresas de reciclagem, fabricantes e órgãos governamentais.

As hipóteses incluem também que as campanhas existentes são episódicas e não atingem um público amplo. Outra hipótese sugere que a educação ambiental não está suficientemente integrada aos currículos escolares ou que as campanhas de conscientização não são adequadamente promovidas em mídias populares.

➤ Verificação das causas mais prováveis

A verificação pode ser feita através da análise de dados sobre a localização e quantidade de pontos de coleta disponíveis, juntamente com o estudo de políticas públicas existentes e a eficiência de sua aplicação. A falta de fiscalização consistente e a escassez de pontos de coleta emergem como causas mais prováveis, baseadas nas evidências levantadas durante a fase de observação.

As causas também podem ser realizadas por meio da análise de campanhas educativas passadas, do alcance dessas campanhas nas redes sociais e de pesquisas em escolas sobre o grau de inserção de temas ambientais nos currículos. Como resultado, a falta de campanhas educativas consistentes e o baixo engajamento escolar com o tema são identificados como causas prováveis mais fortes.

4.6.4. Plano de Ação

➤ Desenvolvimento de soluções

Para abordar de forma eficaz a causa raiz dos problemas identificados, é fundamental desenvolver soluções concretas e detalhadas. A seguir, são propostas soluções específicas para cada problema:

Descarte inadequado de REEE: Para resolver o problema do descarte inadequado de REEE, recomenda-se a criação de mais pontos de coleta acessíveis em áreas urbanas e rurais. A implementação de regulamentações rigorosas e fiscalização contínua é crucial para garantir que as práticas de descarte estejam em conformidade com as normas estabelecidas. Além disso, é necessário lançar campanhas de informação pública que eduquem a população sobre os locais apropriados para o descarte de REEE, aumentando a conscientização e incentivando a participação ativa da comunidade.

Falta de adesão ao Acordo Setorial: Para aumentar a adesão ao Acordo Setorial, devem ser oferecidos incentivos fiscais e financeiros para as empresas que aderirem aos requisitos do acordo. A melhoria da comunicação e coordenação entre as partes interessadas, como autoridades governamentais e empresas, é essencial para superar barreiras e alinhar esforços. *Workshops* e seminários devem ser realizados para destacar os benefícios do Acordo Setorial e promover a sua adoção, esclarecendo as vantagens e a importância da conformidade para as empresas.

Baixo nível de conscientização: Para enfrentar o baixo nível de conscientização, é recomendável lançar campanhas educativas em escolas, mídias

sociais e meios de comunicação de massa. Parcerias com ONGs e empresas são essenciais para promover a educação ambiental de forma eficaz e abrangente. A criação de programas de sensibilização contínuos e a organização de eventos comunitários também são importantes para manter o engajamento e a conscientização da população sobre a importância do descarte correto de REEE.

Desigualdade na distribuição de recursos: Para combater a desigualdade na distribuição de recursos, é necessário desenvolver políticas públicas que garantam uma distribuição equitativa dos recursos para a gestão de REEE. Investimentos direcionados em infraestrutura de gestão de REEE em regiões menos favorecidas são fundamentais para reduzir disparidades regionais. Além disso, deve-se implementar um sistema de monitoramento e avaliação regular para garantir a eficiência e a equidade na alocação de recursos.

➤ Plano de implementação

A Quadro 8 da pesquisa apresenta um plano de ação detalhado que constitui o produto principal deste trabalho, desenvolvido a partir da aplicação integrada das metodologias Delphi e MASP. O método Delphi, em sua aplicação simplificada com apenas uma rodada, permitiu identificar quatro problemas principais na gestão de REEE: infraestrutura insuficiente para coleta, conscientização limitada da população, altos custos operacionais e falhas na articulação entre os agentes envolvidos no sistema de logística reversa.

Com base nesses desafios, o plano de ação foi estruturado no contexto do MASP, abrangendo as etapas de identificação, análise e planejamento para a execução das soluções propostas. O plano detalha cada problema em ações específicas, atribuindo responsabilidades, indicando os recursos necessários, definindo prazos e propondo estratégias práticas. As iniciativas incluem o fortalecimento da coleta seletiva, a ampliação de pontos de coleta, o investimento em tecnologias de reciclagem e a realização de campanhas educativas para promover o descarte correto de resíduos eletroeletrônicos.

Este trabalho, no entanto, delimita sua abordagem até a etapa de "ação" do MASP, visto que seu objetivo principal é a elaboração do plano de ação, que serve como um guia estratégico para os próximos passos na gestão de REEE. A execução e o monitoramento das ações propostas ficam como desdobramentos futuros, reforçando a importância de continuidade por parte dos atores envolvidos.

A pesquisa não apenas contribui para a identificação dos principais gargalos, mas também oferece um caminho estruturado para enfrentá-los, alinhando as ações ao contexto da responsabilidade compartilhada e da sustentabilidade ambiental. Dessa forma, o plano de ação delineado não só endereça os desafios operacionais imediatos, mas também estabelece as bases para uma gestão mais eficiente e coordenada dos REEE.

Quadro 8 - Plano de Ação Detalhado para Melhoria na Gestão de REEE:

Etapa	Problema/Solução	Ação	Benefício	Recurso Necessário	Responsável	Prioridade de Início	Meta
Desenvolvimento de Soluções	Descarte Inadequado de REEE	Implementar novos pontos de coleta em áreas críticas e regulamentar a fiscalização ambiental	Melhoria significativa na gestão de resíduos e aumento da conscientização pública	Pontos de coleta, reguladores, material de campanha	Especialista da Área (Governo e Empresas)	Prioridade Alta	Instalar 382 pontos de coleta e realizar fiscalizações periódicas*
Desenvolvimento de Soluções	Falta de Adesão ao Acordo Setorial	Oferecer incentivos fiscais e financeiros às empresas, promovendo workshops e seminários de alinhamento	Maior adesão ao Acordo Setorial, promovendo a sustentabilidade na gestão de REEE	Fundos para incentivos, equipe de comunicação	Especialista da Área (Governo e Empresas)	Prioridade Média	Manter a adesão das empresas atuais e buscar um crescimento gradual de 10% em 2 anos**
Desenvolvimento de Soluções	Baixo Nível de Conscientização	Desenvolver campanhas educativas contínuas, parcerias com ONGs, empresas e inclusão curricular das temáticas nas escolas	Aumento expressivo na conscientização ambiental e participação na coleta seletiva	Materiais educativos, parcerias, fundos para campanhas, inclusão nos currículos escolares	Especialista da Área (Governo e Sociedade Civil)	Prioridade Média	Realizar 1 campanha educativa anual em escolas e universidades, alcançando 50% dos alunos em 12 meses**
Desenvolvimento de Soluções	Desigualdade na Distribuição de Recursos	Criar políticas públicas que incentivem a distribuição equitativa de recursos	Redução das disparidades regionais e maior eficiência na gestão de REEE	Fundos para políticas, equipe de desenvolvimento, infraestrutura	Especialista da Área (Governo)	Prioridade Baixa	Alcançar 80% de equidade na distribuição de recursos em 36 meses**
Plano de Implementação	Definição do 5W2H	Definir de forma clara e precisa as ações específicas a	Maior clareza e organização no plano de ação, facilitando a	Recursos administrativos	Especialista da Área (Governo, Empresas e Sociedade Civil)	Prioridade Alta	Plano 5W2H completamente definido em 3 meses**

		serem implementadas	execução e monitoramento				
Plano de Implementação	Definição do 5W2H	Explicar a necessidade e os benefícios de cada ação	Justificação clara para todas as ações propostas	Recursos administrativos	Especialista da Área (Governo, Empresas e Sociedade Civil)	Prioridade Alta	Plano 5W2H completamente definido em 3 meses**
Plano de Implementação	Definição do 5W2H	Especificar os locais de implementação das ações	Organização das atividades e recursos	Recursos administrativos	Especialista da Área (Governo, Empresas e Sociedade Civil)	Prioridade Alta	Plano 5W2H completamente definido em 3 meses**
Plano de Implementação	Definição do 5W2H	Estabelecer prazos e designar responsáveis para cada etapa	Garantia de prazos e responsabilidades	Recursos administrativos	Especialista da Área (Governo, Empresas e Sociedade Civil)	Prioridade Alta	Plano 5W2H completamente definido em 3 meses**
Definição dos Itens de Controle	Indicadores de desempenho	Definir número de pontos de coleta, taxas de adesão ao acordo e resultados de campanhas	Monitoramento da eficácia e progresso das ações	Sistemas de monitoramento	Especialista da Área (Governo e Empresas)	Prioridade Média	90% de cobertura nos indicadores de desempenho em 6 meses**
Definição dos Itens de Verificação	Itens de verificação	Realizar auditorias, relatórios de progresso e avaliações de impacto	Verificação do cumprimento das ações e resultados	Equipamento de auditoria, sistemas de relatório	Especialista da Área (Governo)	Prioridade Média	90% de conformidade nas verificações em 12 meses**
Definição dos Níveis de Melhoria (Metas)	Metas SMART	Estabelecer metas com o crescimento gradual de 10% em 2 anos nos pontos de coleta e adesão ao acordo**	Avaliação do sucesso e orientação para ajustes	Recursos administrativos e financeiros	Especialista da Área (Governo e Empresas)	Prioridade Alta	Atender 90% das metas propostas em 24 meses**

Fonte: O autor (2024).

* O número de Ponto de Entrega Voluntária (PEV) foi calculado com base na recomendação de Maria et al. (2013), que sugere um ponto de recebimento para cada 25.000 habitantes. A estimativa populacional de Pernambuco (9.539.029 habitantes) de acordo com o Censo de 2022.

** Metas definidas considerando o número de 594 empresas aderentes ao Acordo Setorial (2019), em sua data de criação, como também os desafios existentes do setor e viabilidade de implementação das ações.

O plano de ação apresentado não apenas organiza responsabilidades e recursos de maneira estruturada, mas também promove um caminho consistente para a melhoria contínua nas práticas de gestão de REEE. Com metas claras e mensuráveis, como o aumento de pontos de coleta e maior adesão ao Acordo Setorial, o plano é sustentado por um sistema robusto de monitoramento e avaliação que garante a adaptação às mudanças dinâmicas no ambiente de gestão de resíduos. Essa abordagem torna possível a identificação de gargalos e a aplicação de ajustes estratégicos, assegurando a eficácia das ações propostas e o alcance dos resultados esperados.

Além disso, o plano estabelece uma base sólida para a disseminação de seus resultados e estratégias. A produção de artigos científicos e apresentações em eventos permitirá compartilhar os aprendizados e benefícios do modelo, incentivando sua replicação em outros contextos. A criação de cartilhas educativas e normativas voltadas para o setor público e privado facilitará a implementação prática, enquanto a formulação de políticas públicas fundamentadas nas soluções propostas reforçará o compromisso com a sustentabilidade. Com a participação ativa e coordenada de todos os *stakeholders*, espera-se não apenas avanços técnicos e organizacionais na gestão de REEE, mas também um progresso significativo rumo a um futuro mais sustentável e responsável no tratamento de resíduos tecnológicos.

A logística reversa ocupa um papel central nas propostas do plano de ação, evidenciando-se como um pilar estratégico para a gestão sustentável de REEE. As sugestões destacadas no plano de ação refletem um esforço coordenado para enfrentar os principais desafios identificados, como o descarte inadequado, a falta de adesão ao Acordo Setorial, o baixo nível de conscientização e as desigualdades regionais na distribuição de recursos. Cada uma dessas questões é abordada com ações específicas que integram a logística reversa como um mecanismo essencial para promover mudanças estruturais na gestão de REEE.

A implementação de novos pontos de coleta, a regulamentação da fiscalização ambiental e o desenvolvimento de campanhas educativas contínuas são exemplos claros de como a logística reversa é instrumental para aumentar a conscientização pública e melhorar a eficiência dos sistemas de coleta seletiva. Além disso, ações como a oferta de incentivos fiscais para empresas e a promoção de *workshops* para fortalecer o Acordo Setorial reforçam o compromisso com a sustentabilidade e a colaboração entre os diferentes atores envolvidos. Ao mesmo tempo, a criação de

políticas públicas para reduzir disparidades regionais na gestão de resíduos reflete a necessidade de uma abordagem equitativa, ampliando o impacto positivo da logística reversa em âmbito nacional.

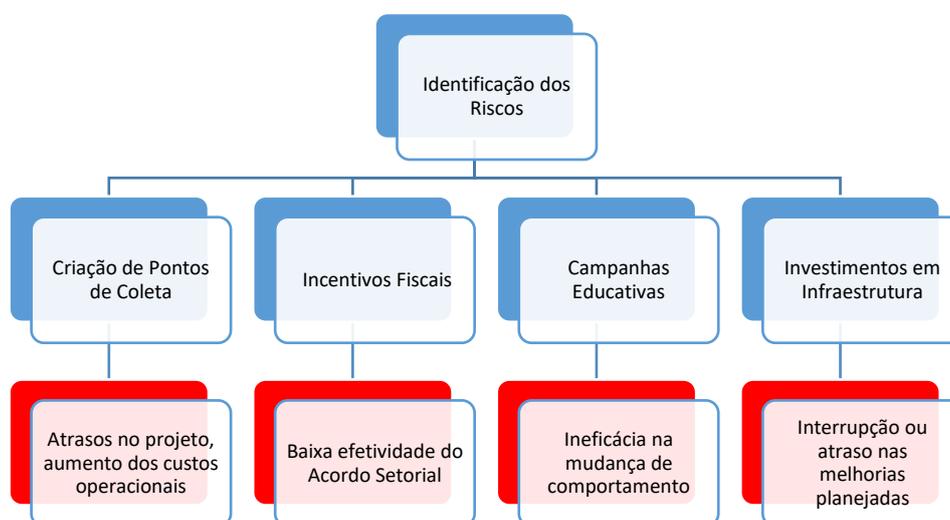
A estruturação do plano por meio de ferramentas como o 5W2H e a definição de indicadores de desempenho (taxas de adesão ao Acordo Setorial, número de pontos de coleta e resultados de campanhas) demonstra a aplicação prática da logística reversa como uma estratégia mensurável e adaptável. Esse modelo não apenas facilita a execução e o monitoramento das ações, mas também promove a melhoria contínua dos processos, consolidando a logística reversa como um componente indispensável na transição para uma economia circular.

A seguir serão descritas as ações do mapa de risco dinâmico para o plano de ação de gestão de REEE, com o objetivo de identificar, avaliar e mitigar os riscos associados à implementação das estratégias de gestão de resíduos eletrônicos.

Este documento estrutura-se em várias seções que descrevem detalhadamente os riscos potenciais em cada fase do plano de ação, avaliando sua probabilidade e impacto, e delineando estratégias de mitigação específicas. Ao fazer isso, o mapa busca proporcionar uma visão abrangente dos desafios que podem surgir e prepara o projeto para responder de maneira eficiente e eficaz, garantindo a sustentabilidade e eficácia das iniciativas propostas.

A primeira etapa demonstrada através da figura 1, descreve os potenciais ameaças que podem afetar adversamente a execução das estratégias propostas:

Figura 11 – Plano para Identificação dos Riscos da Pesquisa:



Fonte: O autor (2024).

Desde o descarte inadequado de REEE até a falta de adesão ao Acordo Setorial, cada risco é identificado juntamente com seu possível impacto, preparando o terreno para uma análise mais profunda na próxima etapa. Este processo não apenas ajuda a prever desafios, mas também fornece uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias de mitigação eficazes.

A avaliação dos riscos foi realizada com base nos critérios de probabilidade e impacto, conforme estabelecido pela ISO 31000:2018. A priorização dos riscos foi determinada principalmente pelo impacto, classificando-os em baixo, médio e alto. Essa abordagem reflete a ênfase no impacto potencial, priorizando riscos de alto impacto, mesmo que a probabilidade de ocorrência seja menor, com o objetivo de proteger a reputação e evitar perdas significativas. Os detalhes estão apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 - Avaliação dos Riscos Identificados na Pesquisa:

Risco	Probabilidade	Impacto	Prioridade
Insuficiência de Locais Adequados	Médio	Alto	Alto
Falta de Adesão	Alto	Médio	Médio
Baixo Engajamento do Público	Alto	Alto	Alto
Falta de Financiamento	Médio	Alto	Alto

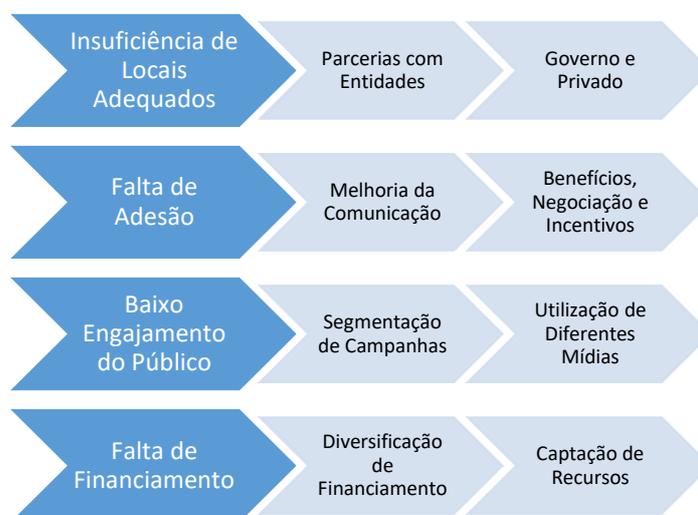
Fonte: O autor (2024).

Os riscos foram organizados na Quadro 9 em categorias de prioridade (baixa, média ou alta) conforme o cruzamento entre probabilidade e impacto. Riscos com alta probabilidade e alto impacto, como “Insuficiência de Locais Adequados” e “Baixo Engajamento do Público”, receberam prioridade alta, exigindo intervenção imediata.

Já riscos com impacto médio e probabilidade alta, como a “Falta de Adesão”, tiveram prioridade média, demandando acompanhamento moderado.

Com os riscos priorizados, inicia-se a fase de elaboração do plano de mitigação. A Figura 12 apresenta estratégias específicas desenvolvidas com o objetivo de reduzir ou eliminar os riscos identificados, garantindo maior segurança e eficiência na execução do projeto.

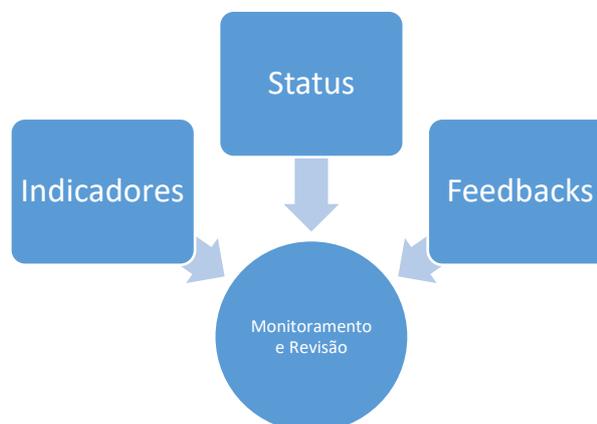
Figura 12 – Definição de Estratégias para Redução dos Riscos Identificados na Pesquisa:



Fonte: O autor (2024).

Por fim, a etapa de monitoramento e revisão encerra o ciclo do Mapa de Risco Dinâmico. Essa fase foca na observação contínua dos riscos e na avaliação da eficácia das estratégias de mitigação aplicadas, conforme descrito na Figura 13.

Figura 13 – Estratégias para o Monitoramento dos Riscos Identificados na Pesquisa:



Fonte: O autor (2024).

Indicadores de desempenho são estabelecidos para cada risco, fornecendo um meio quantitativo e qualitativo de avaliar o progresso. Reuniões regulares de revisão e relatórios de progresso garantem que qualquer desvio dos objetivos planejados seja rapidamente identificado e corrigido. Este ciclo contínuo de *feedback* é essencial para a adaptação e melhoria constantes do plano de ação, assegurando que a gestão de REEE se mantenha eficiente e alinhada com as metas ambientais e regulatórias estabelecidas.

4.6.5. Ação

A partir da **5ª etapa do MASP — Ação** —, as atividades deixam de ser conduzidas diretamente pela presente pesquisa e passam a ser sugeridas como orientações para os especialistas responsáveis por sua implementação futura. Essa abordagem foi adotada para delimitar claramente o escopo do trabalho, destacando as etapas desenvolvidas ativamente pelo autor e aquelas que dependem de ações práticas de outros envolvidos no processo. Assim, o que está descrito a partir dessa etapa são proposições que indicam como os especialistas deverão executar o plano de ação já estruturado, considerando a apresentação dos objetivos e a realização de treinamentos para garantir que as ações sejam aplicadas de forma eficaz e alinhadas às estratégias definidas previamente.

Essa distinção tem como objetivo estabelecer um roteiro claro para as etapas que ainda precisam ser realizadas, mas que extrapolam a execução direta do estudo. A implementação das ações, bem como o monitoramento, ajustes e institucionalização das soluções propostas, são apresentadas como recomendações baseadas nos fundamentos do MASP. Dessa forma, a Verificação, a Padronização e a Conclusão são descritas como diretrizes que deverão ser seguidas pelos especialistas, permitindo que essas etapas sejam conduzidas de maneira estruturada e eficiente. Essa estratégia não só delimita a contribuição prática deste estudo, como também reforça a aplicabilidade futura do método por outros agentes diretamente envolvidos no contexto de investigado.

➤ Implementação das soluções

A etapa de ação na metodologia MASP envolve a elaboração de um plano de treinamento, a execução das ações planejadas e a coordenação entre as partes

interessadas para garantir que as soluções sejam implementadas de maneira eficiente e eficaz.

➤ Realização de reuniões e assinatura de acordos de cooperação

A primeira ação fundamental é a realização de reuniões entre todas as partes interessadas. Isso inclui autoridades governamentais, representantes de empresas, organizações não governamentais, e outros *stakeholders* relevantes.

Durante essas reuniões serão discutidos e formalizados os acordos de cooperação que delineiem os papéis e responsabilidades de cada parte. A assinatura de acordos de cooperação garante o compromisso de todos os envolvidos e assegura uma colaboração eficaz na implementação das soluções.

Esses acordos incluem detalhes sobre as expectativas de cada parte, recursos alocados, e mecanismos de monitoramento e avaliação. Além disso, as reuniões devem servir para alinhar os objetivos, resolver potenciais conflitos e estabelecer um canal de comunicação contínuo entre os participantes.

➤ Desenvolvimento e divulgação de materiais educativos

Para abordar a falta de conscientização e promover a educação ambiental, será necessário ao desenvolvimento e a divulgação de materiais educativos. Estes materiais serão projetados para informar e engajar diferentes segmentos da população sobre a importância do descarte correto de REEE.

O conteúdo pode incluir folhetos, cartazes, vídeos e campanhas digitais. É importante que esses materiais sejam claros, acessíveis e adaptados ao público-alvo, levando em consideração aspectos como idade, nível educacional e contexto cultural. A divulgação deve ser ampla e estratégica, utilizando canais como mídias sociais, meios de comunicação locais, escolas e eventos comunitários para alcançar a maior audiência possível.

A colaboração com instituições educacionais e ONGs pode potencializar a eficácia desses materiais, integrando-os em currículos escolares e programas de treinamento.

➤ Estabelecimento e promoção de novos pontos de coleta

A criação de novos pontos de coleta é uma ação para melhorar a gestão de REEE. Para isso, se faz necessário identificar locais estratégicos que sejam acessíveis à população, como centros comunitários, escolas, e áreas comerciais.

É importante garantir que esses pontos de coleta estejam equipados com a infraestrutura necessária e sejam mantidos em boas condições. Além disso, a promoção desses novos pontos de coleta deve ser realizada através de campanhas de conscientização e divulgação. Informar a população sobre a localização e os horários de funcionamento dos pontos de coleta é fundamental para garantir a adesão e a participação ativa.

➤ Início de programas de fiscalização e regulamentação

Esses programas precisam incluir a definição de procedimentos claros para a fiscalização, a contratação e treinamento de fiscais, e a implementação de sistemas de monitoramento para acompanhar o cumprimento das regulamentações. As ações de fiscalização necessitam ser realizadas de forma ordenada e transparente, com o objetivo de identificar e corrigir quaisquer não conformidades.

Além disso, a regulamentação deve ser constantemente revisada e atualizada para refletir as melhores práticas e responder a novas necessidades. A colaboração com entidades reguladoras e a realização de auditorias periódicas podem garantir a eficácia e a equidade dos programas de fiscalização.

4.6.6. Verificação

A Quadro 10 a seguir apresenta o plano de ação sugerido para a etapa de Verificação do método MASP, com foco na gestão dos REEE. Esta etapa é crucial para garantir que as soluções implementadas estejam alcançando os resultados esperados e que as melhorias sejam sustentáveis a longo prazo. As ações descritas envolvem a avaliação de diversos aspectos, como o volume de REEE coletado, a adesão das empresas ao Acordo Setorial, a conscientização da população, a eficiência na distribuição de recursos, além da verificação de efeitos secundários e da persistência das melhorias. Cada ação inclui uma descrição detalhada, indicadores de sucesso, responsáveis e frequência de execução.

Quadro 10 – Plano de Ação para Verificação dos Riscos:

Ação	Descrição	Indicador de Sucesso	Responsável	Frequência
Medir a quantidade de REEE coletado adequadamente	Coletar dados periódicos sobre o volume de REEE recebido em cada ponto de coleta e compará-los com os volumes anteriores à implementação	Aumento no volume de REEE coletado adequadamente comparado aos valores antes da implementação	Especialista da Área	Mensal
Verificar a adesão das empresas ao Acordo Setorial	Monitorar relatórios de conformidade, realizar auditorias e inspeções regulares para garantir que as empresas estão cumprindo com o Acordo Setorial	Taxas de adesão ao Acordo Setorial e conformidade das empresas	Especialista da Área	Trimestral
Avaliar a conscientização da população	Realizar novas pesquisas e questionários para avaliar o impacto das campanhas educativas sobre o conhecimento e comportamento da população em relação ao descarte de REEE	Aumento na participação em programas de coleta seletiva e reconhecimento dos pontos de descarte pela população	Especialista da Área	Semestral
Analisar a eficiência da distribuição de recursos e melhorias nas infraestruturas regionais	Realizar uma análise dos investimentos feitos e avaliar se os recursos foram distribuídos de forma equitativa entre as regiões, além de medir melhorias na infraestrutura de gestão de REEE	Redução das disparidades regionais na gestão de REEE e melhorias na infraestrutura regional	Especialista da Área	Semestral
Listar e analisar efeitos secundários	Identificar e avaliar impactos inesperados, tanto positivos quanto negativos, resultantes das soluções implementadas, ajustando estratégias conforme necessário	Lista de efeitos secundários identificados e ações corretivas implementadas	Especialista da Área	Conforme necessário
Verificar se a melhoria é persistente	Implementar um sistema de monitoramento contínuo para garantir que as melhorias sejam	Persistência das melhorias ao longo do tempo, conforme monitoramento contínuo	Especialista da Área	Anual

	sustentadas ao longo do tempo			
--	-------------------------------	--	--	--

Fonte: O autor (2024).

O plano de ação proposto para a fase de verificação tem como objetivo garantir que todas as soluções implementadas sejam monitoradas de forma eficaz, permitindo ajustes necessários ao longo do tempo. A verificação contínua das melhorias alcançadas não apenas assegura que os resultados desejados sejam mantidos, mas também identifica possíveis problemas ou efeitos secundários que possam surgir durante o processo. Dessa forma, o ciclo de melhoria contínua será mantido, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável dos REEE, garantindo impactos positivos duradouros no meio ambiente e na sociedade.

4.6.7. Padronização

A Quadro 11 a seguir apresenta o plano de ação para a etapa de **Padronização** do método MASP, que tem como objetivo consolidar as melhorias alcançadas e garantir a replicação de práticas eficazes. Essa etapa envolve a criação e revisão de padrões operacionais, a comunicação das novas diretrizes, o investimento em educação e treinamento, além do acompanhamento contínuo da aplicação desses novos padrões. O sucesso desta fase depende de uma execução clara e da adoção dessas melhores práticas por todos os envolvidos no processo.

Quadro 11 – Plano de Ação para a Etapa de Padronização do método MASP:

Ação	Descrição	Indicador de Sucesso	Responsável	Frequência
Elaboração e alteração dos padrões	Criar Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) e revisar os existentes para refletir as melhorias implementadas, com base no feedback e nas melhores práticas identificadas.	Novo padrão estabelecido e adotado, com POPs atualizados e aplicados por todas as partes envolvidas.	Especialista da Área	Conforme necessário

Garantir a comunicação dos novos padrões	Divulgar os novos padrões para todos os envolvidos por meio de reuniões, boletins, e-mails, e plataformas de gestão de documentos, garantindo a transparência e aceitação.	Todos os envolvidos informados sobre os novos padrões, com comunicação clara e eficaz.	Especialista da Área	Sempre que novos padrões forem estabelecidos
Investir na educação e treinamento	Desenvolver programas de treinamento contínuos, com atualizações regulares, para garantir que todos compreendam e apliquem corretamente os novos padrões.	Treinamentos realizados com sucesso, com boa compreensão e aplicação dos novos padrões pelos colaboradores.	Especialista da Área	Contínuo, com atualizações regulares
Acompanhamento da utilização dos novos padrões	Realizar auditorias, revisões de conformidade e coletar feedback dos usuários para monitorar a utilização dos novos padrões e corrigir possíveis desvios.	Monitoramento contínuo e correção de desvios, com conformidade aos padrões garantida.	Especialista da Área	Revisão periódica
Documentação das melhores práticas	Registrar todas as práticas eficazes e criar manuais e diretrizes que documentem os procedimentos e ferramentas utilizadas, garantindo replicabilidade e melhoria contínua.	Documentação completa das melhores práticas e criação de manuais acessíveis e atualizados.	Especialista em Documentação e Melhoria Contínua	Contínuo, com atualizações regulares

Fonte: O autor (2024).

O plano de ação para a padronização permite que as práticas eficazes sejam formalizadas e difundidas, garantindo que os processos implementados sejam mantidos e utilizados como referência em futuras iniciativas. A criação de novos padrões, aliados à comunicação eficaz e ao treinamento contínuo, assegura que as melhorias sejam sustentáveis e replicáveis, promovendo a eficiência e a melhoria contínua na gestão de REEE.

4.6.8. Conclusão no Método MASP

A Quadro 12 a seguir apresenta o plano de ação para a etapa de **Conclusão** do método MASP, que visa consolidar os aprendizados obtidos ao longo do processo e preparar os próximos passos. Nesta fase, são identificados e relatados os problemas remanescentes, desenvolve-se um plano de ataque a esses problemas, e é realizada uma reflexão final sobre o sucesso do projeto. O foco está em garantir que todas as questões pendentes sejam abordadas e que o aprendizado adquirido possa ser aproveitado em futuras iniciativas.

Quadro 12 - Plano de Ação para a Etapa de Conclusão do método MASP:

Ação	Descrição	Indicador de Sucesso	Responsável	Frequência
Relatar os problemas remanescentes	Revisar as ações implementadas e relatar quaisquer problemas que ainda persistem, identificando suas causas e impactos. Documentar as falhas na execução e as novas questões surgidas durante o processo.	Todos os problemas remanescentes identificados e documentados, com suas causas e impactos claros.	Especialista da Área	Ao final de cada ciclo de projeto
Planejamento do ataque aos problemas remanescentes	Desenvolver um plano de ação detalhado para resolver os problemas remanescentes, ajustando estratégias ou propondo novas ações. Definir responsáveis, prazos e recursos, e estabelecer métricas de sucesso.	Plano de ação para problemas remanescentes implementado com métricas de sucesso bem definidas e recursos alocados.	Especialista da Área	Imediato após a conclusão da verificação

Reflexão final	Realizar uma análise crítica do projeto, destacando os sucessos e as áreas a melhorar. Avaliar o impacto das soluções implementadas, as metodologias usadas e documentar lições aprendidas em um relatório final.	Relatório final completo, destacando lições aprendidas, sucessos, e áreas de melhoria, servindo como referência para futuros projetos.	Especialista da Área	Após o término da implementação e análise
-----------------------	---	--	----------------------	---

Fonte: O autor (2024).

O plano de ação para a fase de conclusão permite que o projeto seja finalizado de forma estruturada e reflexiva, garantindo que todas as questões pendentes sejam resolvidas e que as lições aprendidas sejam documentadas. Isso inclui a criação de um relatório final que detalha as falhas, os sucessos e as áreas de melhoria, o que contribui para o aprimoramento contínuo dos processos e a replicabilidade das boas práticas em futuros projetos.

5. Conclusão

A presente pesquisa abordou de forma abrangente os desafios e oportunidades na gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), com foco na implementação do Acordo Setorial. Ao integrar as metodologias Delphi e MASP, o estudo propôs uma abordagem inovadora e sistemática para identificar e enfrentar os principais gargalos do sistema atual.

A principal contribuição deste trabalho reside na combinação dessas metodologias para fornecer um modelo replicável e estruturado, que pode servir como referência tanto para estudos futuros quanto para a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais. A pesquisa não apenas caracterizou as barreiras existentes, como também propôs soluções concretas, destacando a importância da articulação entre os diferentes atores envolvidos na cadeia de gestão dos REEE.

Os resultados apontam lacunas significativas, como a infraestrutura insuficiente, os altos custos operacionais e a falta de coordenação entre os setores público e privado. Contudo, as recomendações apresentadas oferecem caminhos concretos para aprimorar a gestão dos resíduos eletroeletrônicos. O estudo reforça ainda a necessidade de um planejamento integrado, baseado na análise de riscos e oportunidades, para garantir a efetividade das estratégias propostas.

Além disso, a aplicação combinada das metodologias Delphi e MASP permitiu preencher lacunas teóricas ao demonstrar como essas ferramentas podem ser adaptadas para problemas complexos, envolvendo múltiplos stakeholders e dimensões interdisciplinares. Esse modelo metodológico amplia o escopo da literatura ao explorar a relação entre gestão da qualidade e economia circular no contexto da sustentabilidade ambiental.

Dessa forma, a pesquisa não apenas avança o conhecimento acadêmico sobre o tema, mas também contribui de maneira prática ao propor um framework estruturado para a gestão eficiente de REEE. O estudo se mostra relevante para governos, empresas e sociedade, ao estabelecer diretrizes para uma gestão mais sustentável e integrada desses resíduos, reforçando a urgência de soluções inovadoras para os desafios da economia circular. Alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 e 13, a pesquisa enfatiza que uma abordagem colaborativa e estruturada é essencial para avançar na responsabilidade compartilhada e na formulação de políticas mais eficazes para a gestão dos REEE no Brasil.

Referências

AGRAWAL, Saurabh; SINGH, Rajesh K.; MURTAZA, Qasim. A literature review and perspectives in reverse logistics. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 97, p. 76-92, 2015.

AGUIAR, S. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma**. Nova Lima: INDG, 2006.

ALLOWAY, B. J.; STEINNES, E. Anthropogenic additions of cadmium to soils. In: McLAUGHLIN, M. J.; SINGH, B. R. (Ed.). **Cadmium in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999. p. 97-124.

ALMEIDA, Ana Carla. **Plano de gerenciamento de resíduos sólidos: instrumento de responsabilidade socioambiental na administração pública**. Brasília: MMA, 2014.

ALVES, Jean Carlos Machado; VELOSO, Letícia Helena Medeiros. A Política Nacional de Resíduos Sólidos e a “catação” de lixo: uma relação sinérgica? **O Social em Questão**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 40, p. 229-251, 2018.

ANDRADE, F.; MELHADO, S. **O método de melhorias PDCA**. 2013.

ARAGÃO, Laélia Eugênia Corrêa. **A Política Nacional dos Resíduos Sólidos e o processo de inclusão social: um estudo sobre as catadoras de materiais recicláveis da Associação dos Agentes Ambientais Rosa de Virgínia em Fortaleza-CE**. 2020. 116 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

ARIOLI, Edir Edemir. **Análise e solução de problemas: o método da qualidade total com dinâmica de grupo**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

AUGUSTO, Eryka Eugênia Fernandes. **Logística reversa de computadores e celulares: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro**. 2014.

BALDÉ, C.P.; FORTI, V.; GRAY, V.; KUEHR, R.; STEGMANN, P. **The Global E-waste monitor 2020**: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), 2020.

BARATA, Martha Macedo de Lima. **O setor empresarial e a sustentabilidade no Brasil**. [S.l.], 2007. Disponível em: https://oa.mg/work/10.12712/rpca.v1i1.156?utm_source=chatgpt. Acesso em: 30 ago. 2023.

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. **Quim. Nova na Escola**, n. 11, p. 3, 2000.

BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei n. 203, de 1991**. Brasília: Câmara dos Deputados, 1991. Disponível em:

<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=15158>. Acesso em: 06 set. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: República Federativa do Brasil, 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10936.htm. Acesso em: 07 nov. 2022.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: República Federativa do Brasil, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 07 nov. 2022.

BRASIL. **Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9795.htm. Acesso em: 7 set. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Consulta Pública**. Brasília, DF: MMA, 2020. Disponível em: <http://consultaspublicas.mma.gov.br/planares/wp-content/uploads/2020/07/Plano-Nacional-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-Consulta-P%C3%ABblica.pdf>. Acesso em: 07 set. 2022.

BROCKHOFF, K. The performance of forecasting groups in computer dialogue and face-to-face discussion. In: LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. (Ed.). **The Delphi Method: Techniques and Applications**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1975. p. 291-321.

BRUNO, A. C. W.; et al. Descarte do lixo eletrônico: uma questão de responsabilidade socioambiental. In: **CONGRESSO NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO E CIÊNCIAS CONTÁBEIS**, 3., 2012, Gama Filho. **Anais...** Rio de Janeiro, 2012. p. 1-8.

CAETANO, Marcelo Oliveira; et al. Análises de risco na operação de usinas de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE). **Gestão & Produção**, v. 26, 2019.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC Controle da Qualidade Total - No Estilo japonês**. 3. ed. Minas Gerais: Fundação Cristiano Ottoni, 1998.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016. 247 p.

CAVALCANTE, Marcos. **A Logística Reversa e suas funções econômica e ambiental**. 2010.

CAVALCANTI, F. C. U.; CAVALCANTI, P. C. U. **Primeiro cidadão, depois consumidor**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1994.

CHAVES, J. B. P. **Controle de Qualidade na Indústria de Alimentos**. Viçosa: Departamento de Tecnologia de Alimentos (UFV), 1997. 150 p.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 4. ed. São Paulo: Makron, 1993.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Normativa n. 257, de 30 de junho de 1999. Resolução Normativa n. 401, de 4 de novembro de 2008.**

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n. 275, de 25 de abril de 2001**. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Brasília: DOU, 2001. Disponível em: https://www.uff.br/sites/default/files/paginas-internas-orgaos/conama_275_2001_0.pdf. Acesso em: 7 set. 2022.

DA SILVA, Lorena Albuquerque Adriano; PIMENTA, Handson Dias; DE SOUZA CAMPOS, Lucila Maria. Logística reversa dos resíduos eletrônicos do setor de informática: realidade, perspectivas e desafios na cidade do Natal-RN. **Revista Produção Online**, v. 13, n. 2, p. 544-576, 2013.

DE MELO PEREIRA, Fernando Antônio; FERRAZ, Sofia Batista; MASSAINI, Silvyne Ane. Dimensões de consciência dos consumidores no processo de reciclagem do lixo eletrônico (e-waste). **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 14, n. 3, p. 177-202, 2014.

DEMAJOROVIC, Jacques; AUGUSTO, Eryka Eugênia Fernandes; SOUZA, Maria Tereza Saraiva de. Logística reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, p. 117-136, 2016.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. São Paulo: Marques Saraiva, 1990.

DOMINGUES, Gabriela Santos; GUARNIERI, Patrícia; STREIT, Jorge Alfredo Cerqueira. Princípios e instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos: educação ambiental para a implementação da logística reversa. **Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade - Brasília**, v. 2, n. 1, p. 191-216, jun. 2016.

FALCONI, V. **Gerenciamento pelas diretrizes**. 2. ed. Belo Horizonte: QFCO, 1996. 331 p.

FAVERA, E. C. D. **Lixo eletrônico e a sociedade**. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

FAYOL, H. **Administração industrial e geral**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 1981.

FERNANDES, Waldir Algarte. **O movimento da qualidade no Brasil**. São Paulo: Essencial Idea, 2000.

FERREIRA, L. A. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos na Europa: Análise Crítica das Políticas e Práticas**. *Revista de Sustentabilidade*, v. 12, n. 2, p. 45-60, 2020.

FERREIRA, Lúcia Massutti. O movimento nacional dos catadores de materiais recicláveis: considerações a partir de uma trajetória de 10 anos. *Psicologia & Sociedade*, v. 21, n. 2, p. 211-220, 2009.

FOGAÇA, Ana Beatriz. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: logística reversa do lixo eletrônico**. 2020. 98 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2020.

FREITAS, Marlon Nogueira de. **Avaliação da gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) de uma instituição pública de ensino superior: proposta de plano de gestão integrada**. 2022. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022.

GODOY, Arilda Schmidt; ANASTÁCIO, Valmir. Os 100 anos da administração científica: contribuições para o agronegócio brasileiro. *Revista de Administração e Inovação*, v. 7, n. 2, p. 102-122, 2010.

GREEN ELETRON. **Electronics Reverse Logistics Evolution in Brazil**, 2021.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

IACONO, Valdir. **Gerenciamento de resíduos sólidos**. São Paulo: Manole, 2007.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da qualidade**. São Paulo: McGraw Hill, 1991. v. 1, 2.

JURAN, J. M. **Juran na liderança pela qualidade: uma visão para a execução**. São Paulo: Pioneira, 1992.

KEENEY, S.; HASSON, F.; McKENNA, H. P. **The Delphi Technique in Nursing and Health Research**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2016.

KOTLER, P. **Administração de marketing**. 10. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2000.

KOTLER, P.; ARMSTRONG, G. **Princípios de marketing**. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

KRAEMER, Reinaldo. **Sistema de gestão da qualidade**. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

LARAIA, A. C. **Cultura: um conceito antropológico**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999.

LEITE, Pedro Roberto. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2009.

LUDWIG, B. Predicting the Future: Have You Considered Using the Delphi Methodology? **Journal of Extension**, v. 35, n. 5, p. 1-4, 1997.

LUNDGREN, K. **The global impact of e-Waste: addressing the challenge**. Geneva: International Labour Organization, 2012. Disponível em: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@sector/documents/publication/wcms_196105.pdf. Acesso em: 29 ago. 2024.

MARIA, S. et al. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**. Brasília: ABDI, 2013.

MORADILLO, Elisabete do Amparo, et al. Problemas ambientais e qualidade de vida em cidade da região semiárida do Brasil: Mombaça, Ceará. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 14, n. 2, p. 103-118, 2012.

PHILIPPI JR., Arlindo; et al. (Org.). **Gestão da qualidade e indicadores de sustentabilidade: implementação e processos**. São Paulo: Editora Manole, 2010.

PORTER, M. **Estratégia competitiva**. São Paulo: Campus, 1986.

PYKETT, Joseph. Reorienting Geographies of Urban Climate Justice: Towards Just Materialities, Exchange and Care. **Journal of Urban Climate**, v. 24, p. 394-408, 2018.

ROSSETTI, José Paschoal. **Introdução à teoria geral da administração**. São Paulo: Makron Books, 1995.

SANTOS, Carlos de Mello. **Administração pública e gestão social**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

SANTOS, Jéssica Caroline Ferreira dos; et al. Gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: análise da rede de serviços de manutenção. **Revista Produção Online**, v. 15, n. 3, p. 1148-1169, 2015.

SMITH, J. M. **E-Waste Management in the United States: A Comparative Study of State-Level Policies**. **Waste Management Journal**, v. 9, n. 4, p. 78-90, 2021.

SILVA, R. **Desafios da Logística Reversa de Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil**. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 98-112, 2022.

SOUZA, Renato. **Gestão ambiental e o conceito de sustentabilidade**. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

TIJDINK, Carolin J. M.; et al. Improving Postdischarge Survival and Recovery of Brain Function: Systematic Review and Meta-analysis. **Neurology**, v. 93, n. 13, p. e1247-e1255, 2019.

VANZIN, Thiago; et al. Desafios na logística reversa de resíduos eletrônicos: um estudo de caso em uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 23, n. 6, p. 775-795, 2019.

VARGAS, D. B., CAMPOS, L. M. S., LUNA, M. M. M. **Brazil's Formal E-Waste Recycling System: From Disposal to Reverse Manufacturing**. *Sustainability*, 2024.

VARGAS, D. B.; SOUZA CAMPOS, L. M.; LUNA, M. M. M. **E-waste reverse logistics for household products and its regulation: advances in Brazil**. In: LÓPEZ SÁNCHEZ, V. M.; MENDONÇA FREIRES, F. G.; GONÇALVES DOS REIS, J. C.; COSTA MARTINS DAS DORES, J. M. (orgs.). *Industrial engineering and operations management*. Cham: Springer, 2022. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, v. 400. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-14763-0_21. Acesso em: [30/09/2024].

VIEIRA, B. de O., GUARNIERI, P., SILVA, L. C. **Prioritizing Barriers to Be Solved to the Implementation of Reverse Logistics of E-Waste in Brazil under a Multicriteria Decision Aid Approach**. *Sustainability*, 2020.

WRIGHT, James T. C.; GIOVINAZZO, Rodrigo A. **Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo**. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 733-741, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp>. Acesso em: 17 jun. 2024.

YAMAMOTO, H. **Reciclagem Avançada de Aparelhos Eletrônicos no Japão**. *Journal of Environmental Technology*, v. 15, n. 3, p. 123-137, 2019.

ZANGIROLAMI-RAIMUNDO, J.; ECHEIMBERG, J. O.; LEONE, C. Research methodology topics: Cross-sectional studies. **Journal of Human Growth and Development**, v. 28, n. 3, p. 356-360, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.7322/jhgd.152198>.

ZARDO, Claudia. **Qualidade total e excelência empresarial**. São Paulo: Atlas, 2001.

Apêndice – Questionário Aplicado

Convite para Participar da Pesquisa Delphi sobre Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos em Pernambuco

Este questionário faz parte de um estudo de doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela UFPE. Suas respostas são fundamentais para entender os desafios e oportunidades na gestão de REEE. São oito questões que abordam conscientização, impactos ambientais, inovação e outros tópicos. Suas respostas são confidenciais e anônimas. Obrigado por sua participação!

vambertoadm@gmail.com [Mudar de conta](#)



Não compartilhado

* Indica uma pergunta obrigatória

Qual é o seu nível de conhecimento sobre o Acordo Setorial para implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos Domésticos e seus Componentes? *

Sua resposta

Quais são, em sua opinião, os principais desafios enfrentados na coleta, reciclagem e disposição adequada de REEE? *

Sua resposta

Que iniciativas ou estratégias você considera essenciais para promover uma gestão mais sustentável e responsável de REEE na região? *

Sua resposta



Qual é o papel das parcerias entre o setor público, a indústria, a sociedade civil e outras partes interessadas na melhoria da gestão de REEE? *

Sua resposta

Como podemos aumentar a conscientização da população sobre a importância da destinação correta de equipamentos eletrônicos usados e a redução dos impactos ambientais associados? *

Sua resposta

Quais são, em sua opinião, os principais impactos ambientais negativos associados à gestão inadequada de REEE, e como podem ser mitigados? *

Sua resposta

Em sua visão, quais oportunidades de inovação podem surgir da gestão de REEE, incluindo a criação de empregos, o desenvolvimento de novas tecnologias e a promoção da economia circular? *

Sua resposta

Como a sociedade civil pode ser mais ativamente envolvida na gestão de REEE, garantindo que as preocupações ambientais e de saúde pública sejam adequadamente consideradas? *

Sua resposta

Enviar

Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.



Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

