

Fatec
Guarulhos

cps
Centro Paula Souza



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA
COMÉRCIO EXTERIOR**

**LUIZ FELIPE SILVA;
RAPHAELA LEAL DE SOUSA.**

**LOGÍSTICA PARA RESÍDUOS ELETRÔNICOS: DESAFIOS,
INFORMALIDADE E OPORTUNIDADES NO BRASIL**

**GUARULHOS
2026**

**LUIZ FELIPE SILVA;
RAPHAELA LEAL DE SOUSA.**

**LOGÍSTICA PARA RESÍDUOS ELETRÔNICOS: DESAFIOS,
INFORMALIDADE E OPORTUNIDADES NO BRASIL**

Trabalho de Graduação
apresentado ao Curso Superior de
Tecnologia em Comércio Exterior
como requisito parcial para obtenção
do Título de Tecnólogo em Comércio
Exterior.

Orientador: Prof. Me. Milton
Francisco de Brito

**GUARULHOS
2026**

LOGÍSTICA PARA RESÍDUOS ELETRÔNICOS: DESAFIOS, INFORMALIDADE E OPORTUNIDADES NO BRASIL

RAPHAELA LEAL DE SOUSA (Fatec Guarulhos)
raphaela.sousa@aluno.cps.sp.gov.br

LUIZ FELIPE SILVA (Fatec Guarulhos)
luiz.silva47@aluno.cps.sp.gov.br

Orientador
PROF. ME. MILTON FRANCISCO DE BRITO (Fatec Guarulhos)
milton.brito@cps.sp.gov.br

RESUMO

A evolução tecnológica tem transformado a dinâmica de comércio no mundo, e quando se trata do setor de produtos eletrônicos, sua produção em grande escala e seu ciclo de vida cada vez menor geram uma quantidade de resíduos eletrônicos cada vez maior quando se compara com dados de décadas passadas. O problema reside nas etapas posteriores ao consumo, onde grande parte destes resíduos não é descartada de forma adequada, muitas vezes comercializados de países desenvolvidos para países em desenvolvimento e subdesenvolvidos, e devido ao seu grande volume e falta de tratamento, geram diversas complicações ao meio ambiente, à saúde e à economia de países desfavorecidos. Esta pesquisa busca desenvolver conhecimentos voltados para explorar a logística reversa como uma forma de solução para os problemas de gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). A metodologia define a pesquisa como descritiva, qualitativa e de natureza aplicada, realizada por meio de revisão bibliográfica com base em artigos acadêmicos, livros e documentos oficiais e relatórios institucionais sobre o tema. Quanto aos resultados, é revelado uma distância significativa entre a legislação ambiental e sua implementação efetiva. Conclui-se que, embora existam normas rígidas, observa-se fiscalização frágil, baixa articulação entre os agentes envolvidos e quase nenhum incentivo econômico por parte do estado, o que compromete a logística reversa e favorece o comércio ilegal de resíduos, muitas vezes disfarçado como equipamentos reutilizáveis.

PALAVRAS-CHAVE: logística reversa; resíduo eletroeletrônicos; comércio internacional; regulamentação internacional.

ABSTRACT

Technological advancement has transformed global trade dynamics, and in the electronics sector, large-scale production combined with increasingly shorter product life cycles has led to a significant growth in electronic waste generation when compared to previous decades. The problem lies in the post-consumption stages, where a large portion of this waste is not properly disposed of and is often traded from developed countries to developing and underdeveloped nations. Due to its large volume and inadequate treatment, electronic waste causes several environmental, health, and economic issues in disadvantaged countries. This research aims to develop knowledge focused on reverse logistics as a possible solution to the management problems of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). The methodology defines the research as descriptive, qualitative, and applied in nature, conducted through a bibliographic review based on academic articles, books, official documents, and institutional reports on the subject. The results reveal a significant gap between environmental legislation and its effective implementation. It is concluded that, although strict regulations exist, enforcement remains weak, coordination among the involved stakeholders is limited, and there are virtually no economic incentives from the government. This scenario undermines reverse logistics and encourages the illegal trade of waste, often disguised as reusable equipment.

KEYWORDS:

reverse logistics; electronic waste; international trade; international regulation.

1 INTRODUÇÃO

Com a globalização, avanço do consumo tecnológico, e a expansão da produção industrial em grande escala global, emergiu uma nova problemática ambiental contemporânea: a gestão dos resíduos sólidos produzidos pelos seres humanos. De acordo com o Monitor global de resíduos eletrônicos (2022), houve um aumento de 82% na produção de REEE de 2010 em relação a 2022, e afirma que “o lixo eletrônico está aumentando cinco vezes mais rápido do que a reciclagem documentada de resíduos eletrônicos”.

Na condição de maior economia da América Latina e importante mercado consumidor de equipamentos eletrônicos, o Brasil enfrenta o duplo desafio de gerenciar seu próprio lixo eletrônico que atingiu 2,4 milhões de toneladas em 2022, segundo o relatório da ONU (2024) e combater a entrada irregular de resíduos estrangeiros.

Diante deste cenário, a logística reversa nasce como um eixo central para a gestão sustentável de resíduos eletroeletrônicos, representando mais uma oportunidade para reestruturar as cadeias produtivas aos princípios da economia circular. Estudos como os de Forti et al (2020), mostram que a eficácia ambiental da logística reversa já está presente, exibindo que 59% do lixo eletrônico gerado no Norte da Europa e 54% do lixo eletrônico gerado na Europa Ocidental são documentados como sendo formalmente coletados e reciclados, enquanto no Brasil a taxa de recuperação formal de REEE é de em torno de 3%. Isso mostra que, mesmo com seus benefícios e eficiência comprovadas, a implementação da logística reversa no Brasil ainda enfrenta desafios estruturais.

Isso nos leva à questão principal desta pesquisa, que reside em compreender de que forma os desafios logísticos, regulatórios e estruturais relacionados aos resíduos eletrônicos impactam a gestão do REEE no Brasil, especialmente diante da informalidade presente no setor e das dificuldades de coleta, transporte, rastreabilidade e destinação adequada. Investigar essa dinâmica contribui não apenas para os debates acadêmicos sobre sustentabilidade, economia circular e desenvolvimento econômico, mas também para a formulação de políticas públicas e estratégias mais eficientes de logística reversa. A compreensão desses desafios é necessária para identificar oportunidades de fortalecimento da cadeia de reciclagem, ampliação da formalização do setor, geração de valor agregado aos resíduos eletrônicos e desenvolvimento de tecnologias e modelos logísticos mais eficientes no país.

Quanto aos procedimentos metodológicos, esta pesquisa caracteriza-se como descritiva, qualitativa e de natureza aplicada, desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica. Segundo Andrade (2002), a pesquisa descritiva preocupa-se em observar, registrar, analisar e interpretar os fenômenos sem interferir diretamente neles. A coleta de dados foi realizada a partir de artigos científicos, livros, legislações ambientais, documentos oficiais e relatórios institucionais relacionados à logística reversa, resíduos eletroeletrônicos e regulamentações internacionais, com ênfase na Convenção de Basileia.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O Brasil frente às normas internacionais

As restrições internacionais relacionadas aos resíduos eletrônicos, embora ambientalmente necessárias, transferem aos Estados a responsabilidade pela gestão adequada desses materiais. No Brasil, a gestão dos resíduos eletroeletrônicos passou por importantes avanços regulatórios com a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), que é a primeira legislação brasileira a estabelecer a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a atribuir obrigações aos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e ao poder público no pós-consumo, bem como pelo Acordo Setorial para a Implementação do Sistema de Logística Reversa de

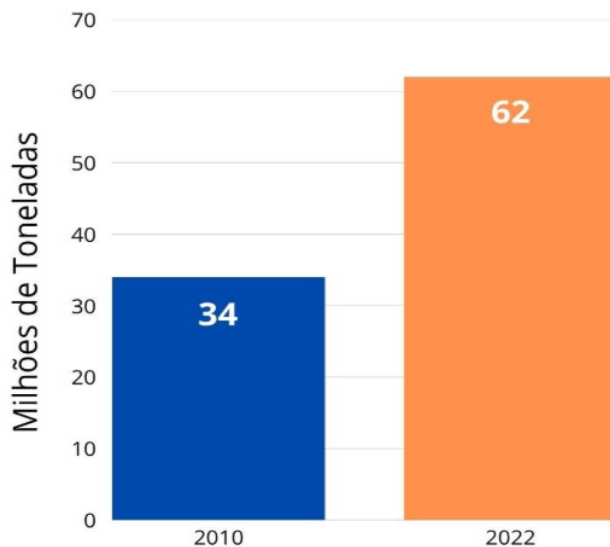
Eletrônicos nas empresas nacionais, firmado em 2019. Entretanto, ainda persistem limitações estruturais, baixa coordenação entre Estado, setor produtivo e sociedade civil, além da carência de mecanismos efetivos de fiscalização e rastreabilidade, fatores que favorecem a informalidade, o descarte inadequado e dificultam o aproveitamento econômico dos REEE.

No Brasil, o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) é a autoridade competente responsável pelo controle das importações e exportações de resíduos perigosos, conforme as diretrizes estabelecidas pela Convenção da Basileia, e tais movimentações são reguladas principalmente pelas normas descritas na Portaria nº 2.334/2021. Hoje em dia, dado por alterações na legislação, o Brasil atua como país de trânsito, adotando a confirmação eletrônica como forma de consentimento, desde que o país de destino já tenha autorizado a operação.

2.2 Os impactos negativos do descarte inadequado de REEE

O descarte inadequado de lixo eletrônico representa uma das formas mais graves de poluição ambiental da atualidade, especialmente pela elevada quantidade gerada e pela insuficiente estrutura de gestão e controle vigente. A gravidade deste cenário se evidencia na comparação com os dados do Monitor global de resíduos eletrônicos (2022), que demonstram que em 2010 a quantidade de REEE produzida foi de 34 milhões de toneladas, totalizando um aumento preocupante de 82% entre os dois registros, representados pela Figura 1.

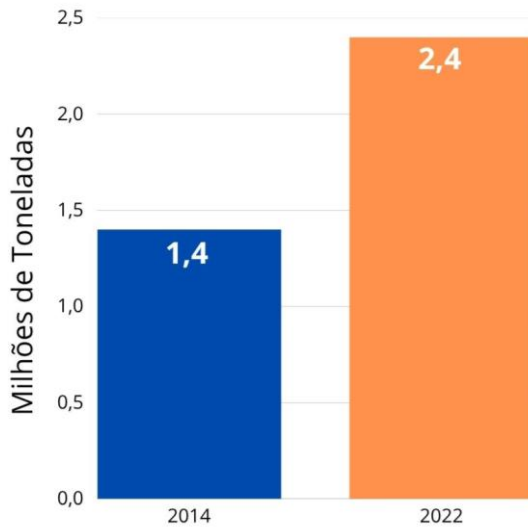
Figura 1 - O crescimento da produção global de REEE entre 2010 e 2022



Fonte: Adaptado com base em Monitor global de resíduos eletrônicos (2024).

No contexto brasileiro, observa-se uma tendência semelhante de crescimento, uma vez que a geração anual de resíduos eletrônicos aumentou de aproximadamente 1,4 milhão de toneladas em 2014 (ONU Brasil, 2015) para cerca de 2,4 milhões de toneladas em 2022 (Monitor global de resíduos eletrônicos, 2022), correspondendo a um crescimento de cerca de 74,5% no período. A evolução desses dados é apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Comparação da geração de resíduos eletroeletrônicos (REEE) no Brasil em 2014 e 2022



Fonte: Adaptado com base em Organização das Nações Unidas no Brasil (2015) e Monitor global de resíduos eletrônicos (2024).

Como consequência, tais práticas podem resultar na contaminação do solo, da água e da cadeia alimentar, ameaçando o meio ambiente e a saúde da população local. Quando descartados em aterros sanitários e lixões, os subprodutos tóxicos provindos dos REEE (Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos) infiltram e contaminam o solo e os lençóis freáticos, além dos impactos causados na atmosfera e na camada de ozônio decorrentes das queimadas em lixões, que são agravantes das mudanças climáticas no mundo. (Natume; Sant’anna, 2011, apud Ribeiro; Rosa, 2024).

É comum a utilização de substâncias químicas, como os retardantes de chama bromados (BFRs), na composição de componentes eletrônicos, tais como gabinetes de computadores, monitores, telas etc. O Monitor global de resíduos eletrônicos (2024) aponta que cerca de 45 milhões de quilos de plásticos contendo retardantes de chama bromados são liberados anualmente no ambiente devido à má gestão de REEE, substâncias que são adicionadas na produção destes produtos principalmente para reduzir a inflamabilidade dos plásticos, atendendo a normas técnicas internacionais de proteção contra fogo. O problema real surge no fim do ciclo de vida desses equipamentos: é muito comum que os resíduos eletrônicos sejam queimados a céu aberto ao serem descartados de forma inadequada, e a queima dos BFRs em temperaturas baixas causa a formação de compostos altamente tóxicos como dioxinas e furanos (substâncias persistentes e cancerígenas) no meio ambiente. Estas substâncias além de afetarem a saúde humana, também contaminam o solo, a água e o ar, e contribuem para a emissão de poluentes que atingem a camada de ozônio e agravam o aquecimento global.

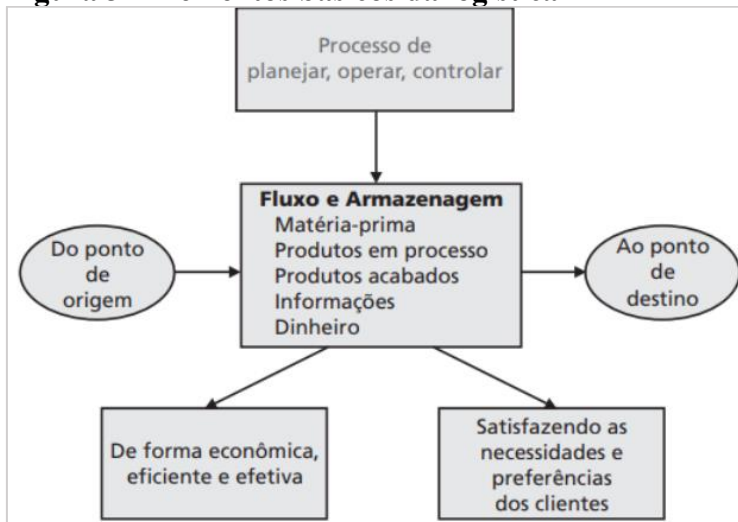
Alguns resíduos eletrônicos, como pilhas e baterias, contêm metais pesados que, quando descartados de forma inadequada no meio ambiente, podem causar sérios danos à saúde da população. Segundo Kemerich et al. (2013), a exposição a essas substâncias pode provocar doenças e danos neurológicos, respiratórios e orgânicos, dependendo do nível de toxicidade do metal. Entre os principais metais tóxicos presentes no lixo eletrônico estão chumbo, mercúrio e níquel, cujos efeitos atingem principalmente pessoas expostas de forma prolongada, com destaque para crianças e gestantes, devido à maior vulnerabilidade do organismo. Esses

impactos reforçam a necessidade de sistemas de gestão integrada e tecnologias de reciclagem mais eficientes (OPAS, 2021).

2.3 Logística reversa e economia circular: uma oportunidade estratégica

No contexto da gestão e das operações, a logística pode ser compreendida como o processo de planejar, implementar e controlar de maneira eficiente o fluxo e a armazenagem de bens, serviços e informações, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender às necessidades dos usuários de forma econômica e eficaz. Conforme apresentado por (Novaes, 2001), a logística abrange não apenas a movimentação de produtos acabados, mas também o gerenciamento de matérias-primas, produtos em processo, informações e recursos financeiros ao longo de toda a cadeia. A Figura 2 ilustra essa dinâmica ao evidenciar os fluxos logísticos entre origem e destino, bem como os princípios de eficiência e satisfação da demanda, reforçando a importância da logística como base estruturante para sistemas produtivos e de distribuição. Dessa forma, a compreensão da logística tradicional torna-se essencial para a análise de modelos mais específicos, como a logística reversa.

Figura 3 - Elementos básicos da logística



Fonte: Novaes (2001, p. 36)

A logística reversa, conforme Leite (2009), é o processo responsável por reintegrar os resíduos ao ciclo produtivo. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) adotou o princípio da responsabilidade compartilhada, que atribui a fabricantes e comerciantes o dever de garantir o retorno pós-consumo de seus produtos. Essa abordagem está alinhada ao conceito internacional de Extended Producer Responsibility (EPR), já implementado com êxito em países como Suíça e Japão.

Sant'Anna et al. (2015) demonstram, em comparação internacional, que o sucesso da logística reversa depende diretamente da criação de arranjos colaborativos entre Estado, setor privado e universidades, como o modelo suíço. No Brasil, ainda predomina um modelo top-down, no qual o Estado legisla, mas não articula ou incentiva suficientemente a implementação de sistemas reversos, deixando a execução à margem da política pública.

Apesar das dificuldades, há oportunidades. O Brasil possui polos universitários, ONGs e empresas que já desenvolvem iniciativas relevantes. O CEDIR da USP é um exemplo de projeto acadêmico voltado à reinserção de equipamentos eletrônicos em programas sociais (Sant'Anna et al., 2015). Além disso, o valor econômico dos metais presentes no lixo eletrônico

pode gerar uma cadeia de reaproveitamento lucrativa e sustentável, caso haja investimento em infraestrutura e políticas públicas integradas.

A crescente geração de resíduos, especialmente os eletrônicos, evidencia uma contradição estrutural do modelo econômico contemporâneo, no qual materiais de alto valor são descartados em larga escala. Dados do Monitor global de resíduos eletrônicos (2024) indicam que o mundo gerou cerca de 62 milhões de toneladas de lixo eletrônico em 2022, contendo metais e recursos estratégicos avaliados em bilhões de dólares, dos quais apenas uma fração é recuperada (UNITAR; ITU, 2024). Nesse contexto, a reciclagem se configura como uma alternativa econômica relevante, uma vez que possibilita a recuperação de matérias-primas críticas e a redução da dependência da extração mineral. Contudo, a baixa taxa de reaproveitamento evidencia uma ineficiência sistêmica, reforçando a necessidade de transição para modelos baseados na economia circular e na valorização dos resíduos como ativos produtivos.

No contexto brasileiro, essa problemática assume contornos ainda mais complexos, especialmente devido à estrutura híbrida do sistema de reciclagem, que combina iniciativas formais e informais. Segundo a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente, o país reciclou aproximadamente 7,1 milhões de toneladas de resíduos secos em 2024, o que corresponde a cerca de 8,7% dos resíduos sólidos urbanos gerados (ABREMA, 2025, p. 32). Além disso, observa-se que “quase dois terços dos resíduos enviados para reciclagem ainda são coletados por catadores autônomos” (ABREMA, 2025, p. 45), evidenciando o papel central desses trabalhadores na cadeia produtiva. Esse dado demonstra que, embora exista um potencial significativo de crescimento do setor, sua efetividade depende diretamente da inclusão e valorização do trabalho informal.

A literatura acadêmica demonstra que os sistemas de gestão de resíduos não são apenas estruturas técnicas, mas também sociais e políticas, influenciando as dinâmicas urbanas e reproduzindo desigualdades históricas. Lima (2023) destaca que os resíduos compõem “infraestruturas residuais” que evidenciam o papel fundamental, porém frequentemente invisibilizado e marginalizado, dos catadores na operacionalização desses sistemas. Nesse contexto, a desvalorização da logística reversa reflete um problema estrutural e social, marcado por exclusão e desigualdade racial, reforçando a necessidade de políticas de economia circular e logística reversa que promovam inclusão social, reconhecimento econômico e melhores condições de vida para esses trabalhadores.

Do ponto de vista econômico, a reciclagem representa uma importante oportunidade de geração de emprego, renda e desenvolvimento de novas cadeias produtivas. A valorização dos materiais recicláveis possibilita transformar resíduos em insumos industriais, ampliando o potencial econômico do setor. Nesse contexto, a expansão da reciclagem depende da criação de mecanismos eficientes de fiscalização, incentivos e maior integração entre os diferentes agentes envolvidos na cadeia de reaproveitamento.

Por fim, a reciclagem se insere como elemento central na transição para um modelo de desenvolvimento sustentável, ao integrar dimensões econômicas, sociais e ambientais. A possibilidade de transformar resíduos em recursos produtivos não apenas reduz impactos ambientais, mas também cria oportunidades de inovação e crescimento econômico. Entretanto, como evidenciam os dados e a literatura analisada, a efetivação desse potencial depende da superação de desafios estruturais, incluindo a informalidade, a baixa taxa de reciclagem e a persistência de desigualdades sociais. Assim, a consolidação da economia circular exige não apenas avanços tecnológicos, mas também transformações institucionais e sociais que permitam a construção de um sistema mais justo, eficiente e sustentável.

2.4 O papel do estado na construção de políticas regulamentadoras eficientes

O Estado brasileiro, segundo Ziglio (2005), ainda atua majoritariamente como regulador normativo, mas precisa evoluir para um papel mais ativo como articulador de parcerias e provedor de incentivos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) estabelece o princípio da responsabilidade compartilhada, atribuindo ao poder público a função central de coordenação entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e catadores. Essa articulação com a sociedade civil e a capacitação de catadores e agentes informais, como propôs Dias (2014), são fundamentais para democratizar o acesso à cadeia reversa e expandir o alcance das políticas públicas.

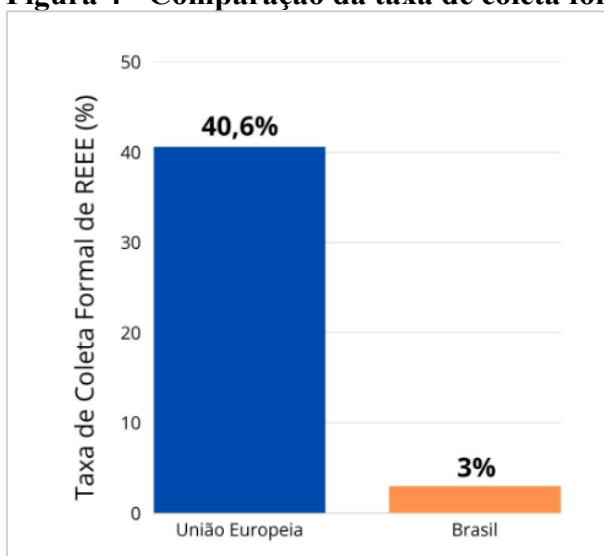
Dentre os avanços institucionais, destacam-se a atuação do IBAMA como autoridade competente para o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos, em conformidade com a Convenção da Basileia, e regulamentação por meio da Portaria nº 2.334/2021 e do Decreto nº 10.240/2020, que regulamentou o Acordo Setorial de Logística Reversa de Eletroeletrônicos assinado em 2019. Esse acordo definiu metas progressivas de coleta e destinação adequada, com o objetivo de alcançar 17% do volume colocado no mercado em 2018 até 2025, além da criação de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs). O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR) também representa um esforço de maior transparência e rastreabilidade.

Apesar desses instrumentos, ainda existem algumas limitações estruturais importantes. A fiscalização continua sendo insuficiente, a integração entre as esferas federal, estadual e municipal é frágil e há carência de recursos técnicos e humanos para monitorar o cumprimento das obrigações pelos setores empresariais. Um relatório recente da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente indica que a taxa de recuperação formal de REEE no Brasil permanece baixa, em torno de 3%, revelando baixa adesão efetiva das empresas e pouca aplicação de sanções (ABREMA, 2025). Além disso, a inclusão dos catadores e cooperativas, prevista na PNRS como prioritária, avança de forma lenta e desigual no território nacional.

A literatura internacional analisada também demonstra que países que institucionalizaram o retorno de produtos eletrônicos por meio de incentivos econômicos obtiveram maior sucesso na coleta e reciclagem de REEE (Khetriwal; Kraeuchi; Widmer, 2009). No Japão, a Home Appliance Recycling Law (Lei de Reciclagem de Equipamentos Domésticos Específicos) impõe responsabilidade estendida ao produtor com metas quantitativas por categoria de equipamento. Os fabricantes devem atingir índices mínimos de reciclagem, como 93% para ar-condicionados, 74% para televisores de painel plano, 80% para refrigeradores/freezers e 92% para máquinas de lavar/secadoras (Ministry of the Environment Japan, 2023). O sistema combina obrigatoriedade de devolução via varejistas, rastreabilidade e pagamento de taxas de reciclagem, resultando em elevadas taxas de recuperação de materiais.

Os países da União Europeia, por sua vez, seguem a Diretiva WEEE (2012/19/EU), que estabelece metas ambiciosas de coleta (65% da média de equipamentos colocados no mercado nos três anos anteriores), responsabilidade estendida do produtor (EPR), sistemas de rastreabilidade e penalidades. Segundo dados oficiais da European Environment Agency (2025), a taxa média de coleta da UE foi de 40,6% em 2022, e apesar de ainda abaixo da meta, a Europa mantém uma das maiores taxas regionais de coleta e reciclagem formal do mundo. A Figura 3 contrasta a realidade europeia com a brasileira, na qual a implementação da logística reversa de REEE ainda depende majoritariamente da adesão voluntária dos atores privados e apresenta taxas de coleta formal estimadas em torno de 3% (ABREMA, 2025).

Figura 4 - Comparação da taxa de coleta formal de REEE entre UE e Brasil.



Fonte: Adaptado com base em European Environment Agency (2025) e ABREMA (2025).

Os dados evidenciam que a efetividade das normas internacionais e nacionais sobre o comércio e a gestão de resíduos eletrônicos depende diretamente da capacidade do Estado de atuar como articulador de uma governança multicêntrica. Sem essa transição de um modelo meramente regulatório para um modelo indutor e facilitador, corre-se o risco de perpetuar a informalidade, o descarte inadequado e a reprodução de desigualdades socioambientais, como foi apontado nos tópicos anteriores.

2.5 A informalidade da reciclagem e o papel dos catadores na gestão dos resíduos sólidos

A gestão dos resíduos sólidos urbanos constitui um importante desafio ambiental e social, especialmente diante do crescimento da geração de resíduos associado à urbanização e aos atuais padrões de consumo. Nesse contexto, os catadores de materiais recicláveis desempenham papel fundamental na recuperação de resíduos e na promoção da economia circular, embora ainda enfrentem condições marcadas pela informalidade e vulnerabilidade social.

Historicamente, a reciclagem no Brasil foi sustentada pelo trabalho de catadores que atuavam em ruas, lixões e aterros, coletando materiais descartados para obtenção de renda. Apesar da relevância ambiental dessa atividade, esses trabalhadores permaneceram por décadas à margem das políticas públicas. Dados do Censo Demográfico de 2010 identificaram 390.963 pessoas autodeclaradas como catadores de materiais recicláveis, enquanto aproximadamente 30.390 atuavam em cooperativas ou associações, evidenciando a predominância da informalidade no setor (MANDELLI; GOUVEIA; MUSSI, 2023).

Nesse cenário, as cooperativas de reciclagem surgem como importantes instrumentos de inclusão social e produtiva. Segundo Gutberlet (2023), aproximadamente 85 mil catadores estão organizados por meio do Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR), estrutura que tem contribuído para ampliar a visibilidade da categoria e fortalecer sua

participação nas políticas públicas. Além de proporcionar melhores condições de trabalho, as cooperativas oferecem acesso a equipamentos, capacitação e oportunidades de geração de renda mais estáveis, contribuindo para a recuperação da cidadania de trabalhadores historicamente excluídos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, representou um marco importante ao reconhecer os catadores como agentes estratégicos da coleta seletiva e da reciclagem. A legislação incentiva a inclusão produtiva desses trabalhadores e fortalece a participação das cooperativas na prestação de serviços relacionados à gestão dos resíduos sólidos. De acordo com dados apresentados por Mandelli, Gouveia e Mussi (2023), existem pelo menos 1.175 organizações coletivas de catadores distribuídas em 684 municípios brasileiros, demonstrando a relevância dessas organizações para o setor.

Entretanto, a eficiência desse sistema depende também da participação da sociedade. A separação inadequada dos resíduos na fonte geradora reduz a qualidade dos materiais recicláveis, aumenta os riscos ocupacionais dos catadores e diminui o valor econômico dos materiais comercializados. Nesse sentido, a correta separação dos resíduos contribui para melhorar as condições de trabalho dos catadores e ampliar o potencial de reaproveitamento dos materiais.

A atuação dos catadores está diretamente relacionada à política dos 4Rs Redução, Reutilização, Reparo e Reciclagem considerada fundamental para a transição de um modelo econômico linear para um modelo circular. A redução busca diminuir a geração de resíduos; a reutilização procura prolongar a vida útil dos produtos; o reparo evita descartes prematuros; e a reciclagem permite o retorno dos materiais ao ciclo produtivo. Embora a reciclagem seja a etapa mais conhecida, sua efetividade depende da integração de todos esses princípios.

Dessa forma, a gestão sustentável dos resíduos sólidos exige não apenas investimentos em infraestrutura e coleta seletiva, mas também o fortalecimento das cooperativas e a valorização dos catadores. Esses trabalhadores exercem uma função ambiental, econômica e social indispensável para a construção de um modelo de desenvolvimento baseado na economia circular, na inclusão social e na sustentabilidade (MANDELLI; GOUVEIA; MUSSI, 2023).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O objetivo central desta pesquisa é desenvolver conhecimentos voltados para o fluxo logístico dos resíduos eletrônicos, do âmbito global ao nacional, com ênfase na relevância socioambiental no contexto brasileiro. Por esse motivo, a pesquisa é considerada descritiva, que de acordo com Andrade (2002), é o tipo de pesquisa que se preocupa em observar os fatos, registrá-los, analisá-los, classificá-los e interpretá-los, sem que o pesquisador interfira diretamente neles.

Quanto à abordagem, este trabalho se define como pesquisa qualitativa, pois não possui foco principal em dados estatísticos e contábeis, mas na interpretação crítica das regulamentações e dos impactos ambientais, econômicos e logísticos relacionados aos resíduos eletroeletrônicos. Segundo De Oliveira (2008), o pesquisador qualitativo pauta seus estudos na interpretação do mundo real, preocupando-se com o caráter hermenêutico na tarefa de pesquisar sobre a experiência vivida dos seres humanos.

A natureza da pesquisa é aplicada e, para Gil (2002), esse tipo de pesquisa busca resultados práticos voltados à solução de problemas reais, sendo adequada para a análise dos processos relacionados à logística reversa e ao gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos abordados neste estudo.

O desenvolvimento da pesquisa envolveu levantamento bibliográfico e análise de materiais relacionados à logística reversa, economia circular, comércio internacional de resíduos eletroeletrônicos e regulamentações ambientais internacionais. Foram utilizados

artigos científicos, livros, legislações ambientais, documentos oficiais e relatórios institucionais relacionados ao gerenciamento de REEE, incluindo materiais da Convenção de Basileia, da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), da Organização das Nações Unidas (ONU) e de instituições ligadas ao setor de tecnologia e sustentabilidade.

A coleta de dados foi realizada por meio de pesquisas bibliográficas, utilizando principalmente artigos acadêmicos e livros que possuem tratamento analítico adequado. De acordo com Gil (1999), a diferença entre pesquisa bibliográfica e documental é que a pesquisa bibliográfica utiliza a contribuição de diversos autores sobre o tema, enquanto os materiais da pesquisa documental normalmente não possuem análise aprofundada. Por esse motivo, esta pesquisa não pode ser considerada documental.

A análise dos dados foi realizada de forma interpretativa e comparativa, buscando identificar os principais desafios estruturais, ambientais, logísticos e regulatórios relacionados à gestão de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, bem como os impactos das regulamentações internacionais e da Lei nº 15.088/2025 sobre o setor de tecnologia e logística reversa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados analisados sobre o comércio internacional de resíduos eletrônicos e suas políticas regulatórias internacionais e nacionais demonstra que as nações estão cientes da importância de regular e acompanhar o caminho dos produtos após o fim de sua utilidade, diante de um aumento exponencial da geração de resíduos. No entanto, esse interesse e preocupação fica sobretudo mais na questão legislativa e pouco na ação prática, onde criam-se leis rígidas, porém com fiscalizações maleáveis, regulamentações duras e pouca articulação ativa nas gestões dos resíduos.

As regulamentações internacionais sobre resíduos eletrônicos, especialmente as restrições ao comércio transfronteiriço impostas pela Convenção da Basileia, produzem impactos diretos sobre os mercados internos ao transferirem aos Estados a responsabilidade pela gestão doméstica desses resíduos. Nesse contexto, políticas públicas de incentivo, subsídios e fortalecimento da logística reversa tornam-se instrumentos estratégicos para viabilizar economicamente a cadeia nacional de reciclagem e assegurar conformidade ambiental.

Observa-se, portanto, um modelo de gestão, no qual o Estado concentra esforços na formulação de políticas e normas ambientais, mas não desenvolve mecanismos suficientemente eficazes de implementação, incentivo econômico e integração operacional entre os agentes envolvidos na cadeia de resíduos. Essa limitação compromete diretamente a efetividade da logística reversa e da fiscalização ambiental, especialmente no caso dos resíduos eletrônicos, cuja complexidade exige rastreamento técnico, infraestrutura adequada e coordenação institucional.

A operacionalização falha da fiscalização também contribui para a permanência do comércio ilegal de resíduos eletrônicos. Em muitos casos, os controles concentram-se excessivamente na análise documental das cargas, enquanto a verificação material e técnica dos produtos ocorre de forma limitada. Tal ineficiência estrutural possibilita brechas para fraudes, subdeclarações e envio irregular de equipamentos classificados como reutilizáveis ou destinados à inclusão digital, quando, na realidade, apresentam baixa vida útil ou inviabilidade de reaproveitamento.

Além das dimensões ambientais e sociais analisadas ao longo da pesquisa, observa-se que a problemática dos resíduos eletroeletrônicos está diretamente inserida nas dinâmicas contemporâneas do comércio exterior. O fluxo transfronteiriço desses materiais movimentam milhões de toneladas anualmente e envolve interesses econômicos estratégicos relacionados à reciclagem, recuperação de metais raros e reaproveitamento industrial. Segundo o relatório

Monitor global de resíduos eletrônicos 2024, o mundo gerou aproximadamente 62 milhões de toneladas de lixo eletrônico em 2022, contendo recursos naturais recuperáveis avaliados em cerca de 62 bilhões de dólares, dos quais apenas 22,3% foram formalmente reciclados de maneira ambientalmente adequada. Nesse cenário, os resíduos eletrônicos deixam de representar apenas um passivo ambiental e passam também a configurar um mercado global de alto valor econômico, ligado à disputa por matérias-primas estratégicas utilizadas pela indústria tecnológica.

Além disso, a persistência do comércio ilegal de resíduos eletrônicos demonstra a existência de lacunas na governança ambiental internacional. Embora acordos e convenções internacionais busquem disciplinar o transporte transfronteiriço de resíduos perigosos, ainda existem dificuldades relacionadas à harmonização regulatória, à fiscalização conjunta entre países e à responsabilização efetiva dos agentes econômicos envolvidos.

Paralelamente aos problemas ambientais, verifica-se também o desperdício de um significativo potencial econômico nacional. Os resíduos eletrônicos possuem elevado valor agregado devido à presença de metais raros, componentes reaproveitáveis e matérias-primas estratégicas para a indústria tecnológica. Nesse sentido, a ausência de uma gestão eficiente impede o fortalecimento da economia circular e reduz as possibilidades de geração de emprego, inovação tecnológica e desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, destaca-se também a importância social e econômica dos catadores e trabalhadores da reciclagem, que frequentemente atuam como agentes centrais na coleta e separação de resíduos, embora permaneçam inseridos em condições precárias e pouco integrados às políticas públicas formais de gestão ambiental. A baixa valorização desses profissionais evidencia contradições estruturais existentes no sistema de gerenciamento de resíduos brasileiro.

Diante da pesquisa realizada, observa-se também que a Convenção da Basileia, concebida com o objetivo de proteger países subdesenvolvidos e em desenvolvimento dos impactos decorrentes da exportação de resíduos provenientes de nações desenvolvidas, apresentou efetividade limitada ao longo dos anos. Embora tenha estabelecido mecanismos de controle sobre o trânsito transfronteiriço de resíduos perigosos, a lógica global de transferência desses materiais permaneceu ativa, passando a ocorrer, em grande medida, por vias ilegais ou mediante fraudes documentais e brechas regulatórias. Dessa forma, verifica-se que, apesar dos avanços normativos promovidos pela Convenção, persistem dificuldades estruturais relacionadas à fiscalização internacional e à efetiva contenção do comércio irregular de resíduos eletrônicos.

Diante destes fatores, o Estado brasileiro precisa evoluir para um papel mais estratégico. Isso inclui: (I) fortalecer os mecanismos de incentivos fiscais e financeiros para quem cumpre as metas de logística reversa; (II) investir na capacitação técnica de catadores e cooperativas, integrando-os de fato à cadeia formal de reciclagem; (III) aprimorar os sistemas de rastreabilidade digital, como o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR); (IV) promover consórcios intermunicipais para viabilizar infraestrutura em regiões de menor capacidade; e (v) garantir maior continuidade das políticas, reduzindo a desarticulação causada por mudanças de governo.

Dessa forma, conclui-se que a problemática dos resíduos eletrônicos ultrapassa a dimensão ambiental, envolvendo simultaneamente questões econômicas, sociais, logísticas e geopolíticas. A efetividade das políticas públicas depende não apenas da criação de normas rígidas, mas principalmente da capacidade estatal de implementar sistemas integrados de fiscalização, incentivo produtivo e valorização da economia circular.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo demonstram que, apesar dos avanços regulatórios relacionados à gestão de resíduos eletroeletrônicos, ainda existem limitações estruturais que comprometem a efetividade da logística reversa no Brasil. Observou-se que a baixa fiscalização, a insuficiência de incentivos e a limitada integração dos catadores ao sistema formal dificultam o desenvolvimento de uma gestão mais eficiente e sustentável.

Dessa forma, conclui-se que, apesar da existência de uma regulamentação rigorosa, a fiscalização permanece fraca, a integração entre os diferentes agentes é insuficiente e os incentivos econômicos oferecidos pelo poder público são praticamente inexistentes. Esse cenário acaba comprometendo a operacionalização da logística reversa e estimulando o comércio ilegal de resíduos, que frequentemente é camuflado como equipamentos supostamente reutilizáveis.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução À Metodologia Do Trabalho Científico: Elaboração de Trabalhos na Graduação**. Editora Atlas SA, 2000. Acesso em: 13 abr. 2025

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2025**. São Paulo: ABREMA, 2025. Disponível em: <<https://www.abrema.org.br/panorama/>>. Acesso em: 30. mar. 2026.

BRASIL. **Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020**. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10240.htm>. Acesso em: 20 abr. 2026.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 14 mar. 2026

BRASIL. **Ministério da Economia. Portaria nº 2.334, de 14 de setembro de 2021**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 15 set. 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-2.334-de-14-de-setembro-de-2021-345091071>>. Acesso em: 20 abr. 2026.

DA CUNHA KEMERICH, Pedro Daniel et al. **IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE LIXO ELETRÔNICO NO SOLO**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Kemerich/publication/286283387_Impactos_ambientais_decorrentes_da_disposicao_inadequada_de_lixo_eletronico_no_solo/links/57682ea308ae8ec97a424200/Impactos-ambientais-decorrentes-da-disposicao-inadequada-de-lixo-eletronico-no-solo.pdf>. Acesso em: 14. mai. 2025

DIAS, Sylmara Lopes Francelino Gonçalves. **Catadores: uma perspectiva de sua inserção no campo da indústria de reciclagem**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-25102010-231013/en.html>>. Acesso em: 27 abr. 2026.

European Environment Agency. **Waste electrical and electronic equipment (WEEE) collection rate**. European Zero Pollution Dashboards. Copenhagen, 2025. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/en/european-zero-pollution-dashboards/indicators/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee-collection-rate-indicator>. Acesso em: 7 maio 2026.

FORTI, Vanessa et al. **The global e-waste monitor 2020**. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam, v. 120, p. 14, 2020. Acesso em: 10 abr. 2025.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Acesso em: 13 abr. 2025.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999. Acesso em: 13 abr. 2025

JAPAN MINISTRY OF THE ENVIRONMENT.
令和4年度における家電リサイクル法に基づく再商品化等の実施状況について.
Tóquio, 2023. Disponível em: https://www.env.go.jp/press/press_01857.html. Acesso em: 7 maio 2026.

KHETRIWAL, Deepali Sinha; KRAEUCHI, Philipp; WIDMER, Rolf. *Producer responsibility for e-waste management: key issues for consideration—learning from the Swiss experience*. **Journal of environmental management**, v. 90, n. 1, p. 153-165, 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030147970700312X>>. Acesso: 24 mar. 2025

LEITE, Paulo Roberto. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. In: **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2009. p. 240-240. Disponível em: <<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-593546>>. Acesso em: 14. abr. 2026.

LIMA, Maria Raquel Passos. Infraestruturas residuais: colonialismos na gestão de resíduos e a política catadora. **Estudos Avançados**, v. 37, p. 63-82, 2023. Disponível: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/ZtpsvKkcX7mJnmJs7WkVspP/?format=html&lang=pt>>. Acesso: 27 abr. 2026.

MANDELLI, Marcia Cristina Castanhari; GOUVEIA, Nelson; MUSSI, Gisele. Condições de trabalho e morbidade referida para distúrbios osteomusculares em catadores de materiais recicláveis de cooperativas da Região Metropolitana de São Paulo. In: GONÇALVES-DIAS, Sylmara Lopes Francelino (Org.). **Catadores e espaços de (in)visibilidades**. São Paulo: EACH-USP, 2023. p. 23-40.

GUTBERLET, Jutta. Prefácio. In: GONÇALVES-DIAS, Sylmara Lopes Francelino (Org.). *Catadores e espaços de (in)visibilidades*. São Paulo: EACH-USP, 2023. p. 11-14.

NOVAES, Antonio. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. Elsevier Brasil, 2016. Acesso em: 15 mai. 2025.

OLIVEIRA, Cristiano Lessa de. Um apanhado teórico-conceitual sobre a pesquisa qualitativa: tipos, técnicas e características. *Travessias*, Cascavel, v. 2, n. 3, 2008. Disponível em: <<https://e-revista.unioeste.br/index.php/travessias/article/view/3122>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Brasil produziu 1,4 milhão de toneladas de resíduos eletrônicos em 2014, afirma novo relatório da ONU**. ONU Brasil, Brasília, DF, 20 maio 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/69560-brasil-produziu-14-milh%C3%A3o-de-toneladas-de-res%C3%ADduos-eletr%C3%B4nicos-em-2014-afirma-novo-relat%C3%B3rio>>. Acesso em: 15 jun. 2026.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Aumento do lixo eletrônico afeta saúde de milhões de crianças, alerta OMS**. OPAS, 2021. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/15-6-2021-aumento-do-lixo-eletronico-afeta-saude-milhoes-criancas-alerta-oms>>. Acesso em: 27 abr. 2026.

RIBEIRO, Leonardo; ROSA, João. **Descarte incorreto de resíduos faz do Brasil grande importador de lixo**. CNN Brasil, 2023. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/descarte-incorreto-de-residuos-faz-do-brasil-grande-importador-de-lixo/>>. Acesso em: 21 abr. 2026.

SANT'ANNA, Lindsay Teixeira; MACHADO, Rosa Teresa Moreira; DE BRITO, Mozar José. Logística Reversa de Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil e no Mundo: O Desafio da Desarticulação dos Atores. *Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate*, v. 6, n. 2, 2015. Acesso em: 21 nov. 2025.

UNITAR. *United Nations Institute for Training and Research. International Telecommunication Union (ITU). Global E-waste Monitor 2024*. Genebra: ONU, 2024. Disponível em: <<https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

"Os conteúdos expressos no trabalho, bem como sua revisão ortográfica e adequação às normas ABNT são de inteira responsabilidade dos autores."

«Declaração de IA generativa e tecnologias assistidas por IA no processo de redação»

“Declara-se pelos autores que durante a preparação deste trabalho foram utilizados sistemas ChatGPT, Grok e NotebookLM para auxílio na correção ortográfica e gramatical, aprimoramento da estrutura textual, organização das ideias e serão utilizados também na elaboração da apresentação do presente trabalho. Após utilizar esta ferramenta/serviço, os

autores editaram e revisaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo da publicação.”