



# ConBRepro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

## I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

## Energias Limpas nas Engenharias

### Abordagens sobre as Barreiras na Implementação da Logística Reversa para Resíduos Eletrônicos: Uma Revisão de Escopo

**Leilde Vieira Licar**

Departamento de Engenharia de Produção, Castanhal - Universidade do Estado do Pará (UEPA)

**Evelly Cristiane Guimarães Gonçalves**

Departamento de Engenharia de Produção, Castanhal - Universidade do Estado do Pará (UEPA)

**Felipe Santos Silva**

Departamento de Engenharia de Produção, Castanhal - Universidade do Estado do Pará (UEPA)

**Denilson Ricardo de Lucena Nunes**

Departamento de Engenharia de Produção, Belém- Universidade do Estado do Pará (UEPA)

**André Cristiano Silva Melo**

Departamento de Engenharia de Produção, - Universidade do Estado do Pará (UEPA)

**Resumo:** Este artigo investigou as principais barreiras à implementação da logística reversa de resíduos eletrônicos no Brasil, considerando aspectos econômicos, legais e estruturais. Através de uma revisão de escopo, identificou-se que, apesar das diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a prática enfrenta desafios significativos, como a falta de infraestrutura, incentivos econômicos inadequados e fiscalização insuficiente. Além disso, a rápida obsolescência tecnológica e o alto custo de recuperação de materiais agravam o problema. O estudo também destaca a importância da conscientização dos consumidores e da integração entre governo, empresas e catadores. As contribuições incluem o mapeamento das principais dificuldades e sugestões para aprimorar políticas públicas e acordos setoriais. O estudo sugere que políticas públicas eficazes e a incorporação de práticas de sustentabilidade nas operações empresariais podem melhorar significativamente a gestão de resíduos eletrônicos no Brasil.

**Palavras-chave:** logística reversa, resíduos eletrônicos, sustentabilidade, Política Nacional de Resíduos Sólidos, reciclagem

### Approaches to Barriers in Implementing Reverse Logistics for Electronic Waste: A Scope Review

**Abstract:** This article investigated the main barriers to the implementation of reverse logistics for electronic waste in Brazil, considering economic, legal, and structural aspects. Through a scope review, it was identified that despite the guidelines of the National Solid Waste Policy (PNRS), the practice faces significant challenges such as lack of infrastructure, inadequate economic incentives, and insufficient oversight. Additionally, rapid technological obsolescence and the high cost of material recovery exacerbate the problem. The study also highlights the importance of consumer awareness and the integration between government, businesses, and waste pickers. Contributions include mapping out the main difficulties and suggesting improvements for public policies and sectoral agreements. The study suggests that effective public policies and the incorporation of sustainability practices into business operations can significantly improve electronic waste management in Brazil.

**Keywords:** reverse logistics, electronic waste, sustainability, National Solid Waste Policy, recycling

## **1 Introdução**

A logística desempenha um papel fundamental no mundo empresarial, contribuindo diretamente para o desenvolvimento econômico e o crescimento das empresas. Sua função envolve o planejamento, controle, execução e armazenamento de materiais, desde a entrada até a saída, atendendo às demandas de fornecedores, distribuidores e consumidores finais (DIAS, 2016). De forma complementar, a logística reversa segue princípios semelhantes, mas se destaca como um conjunto essencial de medidas para lidar com os resíduos pós-consumo, abrangendo atividades como coleta, tratamento, armazenamento e reciclagem (Gonçalves e Marins, 2006). Nesse contexto, a ideia de desenvolvimento sustentável está intimamente relacionada à gestão eficiente dos resíduos gerados pela sociedade, que muitas vezes desconhece a maneira adequada de descartá-los (MELO et al., 2024). Tanto a logística direta como a reversa ocorrem através das cadeias de suprimentos, que abrangem as organizações, informações, recursos naturais e humanos, constituindo um sistema complexo responsável pelo fluxo de produtos ou serviços dos fornecedores até os clientes (ABRALOG, 2009).

A questão dos resíduos sólidos tornou-se uma preocupação global e no Brasil não é diferente, especialmente considerando que o país ocupa a quinta posição no ranking mundial de produção de lixo eletrônico, conforme estudo da Global E-waste Monitor 2020 da ONU. Ademais, seguindo a linha de pesquisa da ONU de 2020, menos de 3% desses resíduos são reciclados, ressaltando a necessidade de abordar essa questão de maneira eficaz. Além disso, A pesquisa de Azevedo et al. (2017) revela que o Brasil lidera entre os países emergentes na geração de lixo eletrônico. Em 2015, o país produziu 65,4 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos, correspondendo a 6,5 kg per capita, número que subiu para 8 kg per capita em 2017. Embora esse valor seja inferior à taxa de geração registrada no México em 2014 (8,2 kg per capita), o Brasil supera os outros países do grupo BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), com exceção da Rússia. Enquanto a China gerou 4,4 kg per capita, a Índia 1,3 kg, a África do Sul 6,6 kg e a Rússia 8,7 kg.

Portanto, a logística reversa concentra-se na devolução de produtos já vendidos ou consumidos, reintegrando-os ao ciclo produtivo legalmente e beneficiando a reputação da empresa. Isso pode envolver a reutilização dos produtos como matéria-prima para fabricar novos produtos ou mesmo diferentes produtos, conforme discutido por Bittencourt e Bostel (2019) e MELO et al. (2022). Apesar do progresso tecnológico e do conhecimento científico disponível, ainda nos defrontamos com uma questão importante: quais barreiras impedem a implementação eficaz da logística reversa para resíduos elétricos no Brasil?

Este artigo teve como objetivo investigar quais barreiras à implantação da logística reversa são difundidas na literatura. Tais barreiras impedem a implementação eficaz da logística reversa para resíduos eletrônicos no Brasil. Para tanto, foi utilizada uma Análise de revisão de escopo para examinar pesquisas, documentos e exemplos práticos relacionados à logística reversa de resíduos eletrônicos.

## **2 Referencial Teórico**

### **2.1 Conceito de Logística**

Geralmente, as pessoas tendem a associar a logística exclusivamente ao setor rodoviário, visualizando principalmente caminhões transportando mercadorias. No entanto, a logística vai muito além dessa visão limitada. Ela engloba uma vasta gama de atividades e processos que envolvem o planejamento, implementação e controle eficiente do fluxo e armazenagem de bens, serviços e informações desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender às necessidades dos clientes (Brasil, 2009). Além disso, ela é crucial na gestão de estoques, manuseio de materiais, embalagem, segurança, distribuição e devolução de produtos. A gestão eficiente de estoques, por exemplo, garante que as

empresas mantenham o equilíbrio ideal entre oferta e demanda, evitando excessos ou faltas que podem afetar negativamente o desempenho financeiro e a satisfação do cliente. (DIAS, 2016)

As grandes empresas enfrentam um cenário de constantes mudanças e alta competitividade, impulsionadas pela busca incessante por inovação, qualidade de produtos ou serviços e agilidade nas entregas. A busca por inovação tecnológica, aprimoramento da gestão da cadeia de suprimentos, foco no cliente e investimento no desenvolvimento de talentos são estratégias fundamentais adotadas por essas organizações para alcançar um desempenho superior e garantir sua relevância em um ambiente empresarial cada vez mais competitivo (Leite, 2017).

## 2.2 Logística Reversa

Com as mudanças crescentes no cenário global das cadeias de abastecimento, observa-se uma tendência em que os produtos são concebidos com ciclos de vida cada vez mais curtos. Isso ocorre devido aos projetos de criação desses produtos, pois a grande maioria é criada para ser utilizada uma única vez, utilizando materiais de menor durabilidade. Portanto, esses produtos são facilmente descartados (Leite, 2017. P.25).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define logística reversa como um conjunto de medidas e estratégias que visam facilitar a coleta e devolução de resíduos sólidos às empresas, permitindo sua reutilização em seus próprios processos produtivos ou em outras cadeias de produção, ou então garantindo sua destinação final de forma ambientalmente correta (Brasil, 2010).

## 2.3 Logística Reversa para Resíduos Eletrônicos

Em acordo com os relatórios das nações unidas publicados em março de 2022, um dos maiores desafios encontrados da logística reversa de resíduos eletrônicos é a supremacia dessas criações de novos produtos, redução de concertos e a obsolescência. Além de que a publicação também destaca que, em 2022, o lixo eletrônico incluiu 31 milhões de toneladas de metais, 17 milhões de toneladas de plásticos e 14 milhões de toneladas de materiais como minerais e vidro (ONU, 2022).

Exemplo da cadeia de produtiva abaixo:

**Figura 1: Fluxograma da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos**



Fonte: Autores (2024)

A Linha de Reaproveitamento (LR) de e-lixos abrange as etapas de coleta, transporte, triagem, reciclagem, reutilização e destinação final dos materiais, incluindo aqueles que não são recicláveis, tudo isso segundo a visão do auto MELO et al., 2024, que está compilada na Tabela 1.

**Tabela 1: Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos segundo MELO et al., 2024**

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Coleta</b>                         | A coleta inicia-se com a transferência dos itens devolvidos em posse das fontes geradoras, de forma passiva ou ativa (MELO et al., 2024, p. 9/16). O processo de recolhimento dos e-lixos a partir de pontos de descarte, como residências e empresas, com o objetivo de coletar os materiais para tratamento adequado.                                                    |
| <b>Transporte</b>                     | O transporte abrange todas as atividades relacionadas à disposição de resíduos destruídos, desde produtos, componentes, peças ou materiais, desde instalações de fontes geradoras até os centros de processamento e instalações de recuperação, até serem entregues às cadeias de fornecimento ou aos locais adequados de descarte. (MELO et al., 2024, p. 9/16)           |
| <b>Triagem</b>                        | As alternativas de recuperação e descarte mais definidas são definidas, levando em consideração certos critérios associados. As técnicas, ferramentas, tecnologias, base de análise e critérios de avaliação a serem aplicados dependerão dos tipos de resíduos considerados (MELO et al.,2024, p. 10/16).                                                                 |
| <b>Reciclagem</b>                     | As opções de agregação de valor funcional e trazem de volta (por meio de reparo, refabricação ou remanufatura) produtos, componentes, peças, etc., para suas funções originais ou atribuindo-lhes novas funções (MELO et al., 2024)                                                                                                                                        |
| <b>Reutilização</b>                   | Envolve o uso de componentes ou produtos inteiros provenientes de e-lixos para novos propósitos ou funções, evitando a necessidade de passar pelo processo de reciclagem, refere-se a materiais ou produtos que podem ser reutilizados sem necessidade de passar por processos adicionais de recuperação, como reparo, reciclagem ou refabricação (MELO et.,2024, p. 2024) |
| <b>Destinação final dos materiais</b> | O LR é associado a três grupos diferentes de materiais: produtos de reutilização direta (1), produtos ou materiais a serem recuperados (ou seja, resíduos recuperáveis) (2) e materiais a serem descartados como lixo (ou seja, resíduos não recuperáveis) (3), (MELO et al.,2024, p. 11/16)                                                                               |

**Fonte: Autores (2024)**

A logística reversa está ganhando cada vez mais força no âmbito empresarial, pois oferece uma vantagem competitiva significativa (PEREIRA et al., 2012). À medida que a sustentabilidade se torna uma preocupação crescente para a sociedade, as empresas que adotam práticas de logística reversa não apenas reduzem seu impacto ambiental, mas também melhoram sua reputação e aumentam a fidelidade dos consumidores (PEREIRA et al., 2012).

Consideram-se como atores da logística reversa dos REE: consumidor, comércio, fabricante/importador, organização gestora, reciclador e poder público. Cada um com suas responsabilidades, sendo a organização gestora responsável por gerir os processos da logística, realizando, de modo geral, a mediação entre o governo e o setor privado. (Brilhante et al., 2016). A logística reversa atual é impulsionada por um mercado informal, no qual os catadores desempenham um papel essencial (Oliveira et al., 2020, Guarnieri et al., 2016, Ghisolfi e outros, 2017).

### **3 Metodologia**

Esta pesquisa utilizou uma abordagem de revisão de escopo para explorar e mapear a literatura existente sobre logística reversa de resíduos eletrônicos no Brasil, com foco na identificação das possíveis barreiras para a implementação dessa logística reversa. Seguindo o framework proposto por Arksey e O'Malley (2005), esta revisão foi conduzida de maneira estruturada e sistemática, realizada em cinco etapas principais.

Inicialmente, foi realizada uma busca abrangente em três grandes bases de dados científicas: google acadêmico e capes periódicos. O objetivo era identificar estudos relevantes publicados até o ano vigente, utilizando uma combinação de termos de busca relacionados a "gestão de resíduos eletrônicos", "logística reversa" e "percepção do consumidor". Esses termos foram refinados de forma iterativa para garantir uma captura ampla, porém direcionada, da literatura disponível.

A segunda etapa envolveu a triagem dos estudos identificados de acordo com critérios de inclusão: abordar o tema de resíduos eletroeletrônicos no Brasil ressaltando suas possíveis barreiras de implementação, além disso, apenas estudos recentes foram considerados. Por outro lado, estudos mais antigos, ou que não ressaltassem as possíveis barreiras para a logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, não foram considerados. Após a identificação dos estudos relevantes, iniciou-se o processo de extração de dados. Esse processo envolveu a coleta de informações-chave de cada estudo, como os objetivos, métodos, resultados e quaisquer desafios ou barreiras mencionadas em relação à logística reversa. Foi desenvolvido um formulário de extração de dados para garantir a consistência e precisão na análise de todos os artigos revisados.

Os dados extraídos foram, então, sintetizados e analisados tematicamente, com ênfase na identificação de barreiras comuns, bem como desafios e lacunas na literatura. Essa etapa ajudou a estruturar os achados e permitiu identificar áreas onde mais pesquisas são necessárias, particularmente em relação ao envolvimento dos consumidores e ao papel da indústria na melhoria dos sistemas de logística reversa. Por fim, os resultados foram compilados em uma narrativa abrangente, refletindo o estado atual do conhecimento sobre logística reversa de resíduos eletrônicos no Brasil. A revisão também forneceu insights sobre possíveis implicações políticas e estratégias recomendadas para melhorar a participação dos consumidores e a responsabilidade da indústria nos sistemas de gestão de resíduos.

### **4 Resíduos Eletroeletrônicos e a Sustentabilidade**

De acordo com Awasthi et al. (2019), os resíduos eletrônicos representam a categoria de resíduos sólidos perigosos com o crescimento mais rápido globalmente, exigindo soluções colaborativas e sustentáveis. Segundo Carla Naves, gerente da Área de Projetos da ABDI, a reciclagem dos resíduos de eletroeletrônicos exige uma complexidade maior do que a reciclagem de materiais como alumínio, vidro ou plástico. Primeiramente, porque são materiais com ciclo de vida curto devido à introdução de novas tecnologias de forma cada vez mais rápida. Além disso, eles contêm diversos materiais, incluindo mais de vinte tipos de metais pesados e substâncias químicas (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2012).

A quantidade de lixo gerada no mundo tem sido grande e seu mau gerenciamento, além de provocar gastos financeiros significativos, pode provocar graves danos ao meio ambiente e comprometer a saúde e o bem-estar da população (PEREIRA et al., 2012, p. 48). Ao ser jogado em lixo comum os resíduos eletrônicos liberam no solo, o mercúrio, chumbo, cádmio entre outros, que polui os lençóis freáticos, espalhando a contaminação para rios, oceanos, fauna e flora. Esse metal pesado se acumula nos organismos vivos ao longo da cadeia alimentar, um fenômeno conhecido como biomagnificação (JÚNIOR; SAIANI; DOURADO, 2014)

Além disso, o paradigma da economia linear, que emergiu das revoluções industriais anteriores, é baseado em extrair, produzir e descartar, está sendo substituída pela economia circular (WEETMAN, 2019). As empresas reconsiderarão como desenham laptops, móveis, tênis, telefones móveis, produtos de limpeza e até jeans. Em vez de vender e esquecer os produtos, as empresas usarão os produtos como oportunidades para a contínua criação de valor e para estabelecer relacionamentos duradouros e contínuos com os clientes (WEETMAN, 2019)

As previsões indicam uma mudança significativa na demanda global entre 2010 e 2030, com 3 bilhões de novos consumidores ingressando nas "classes médias" e adquirindo smartphones, alimentos processados, carne, melhores habitações e até férias no exterior (WEETMAN, 2019). Este rápido crescimento da demanda, combinado com as dificuldades de encontrar fontes eficazes e econômicas de materiais e os desafios ambientais, pressiona os custos dos suprimentos. Somado a isso a pobreza e a desigualdade agravam a situação, com mais de um bilhão de pessoas sem acesso seguro a alimentos, água e energia. As crescentes pressões da demanda, os desafios da oferta de recursos e a saúde dos sistemas vivos exigem uma reconsideração dos nossos sistemas. No contexto da logística reversa de resíduos eletrônicos, essas questões são cruciais, pois a reutilização e reciclagem de materiais podem aliviar parte da pressão sobre os recursos naturais, promovendo uma economia mais sustentável e circular. (WEETMAN, 2019).

Diante desse cenário, a gestão dos resíduos eletroeletrônicos torna-se essencial para a sustentabilidade. A crescente geração desse tipo de resíduo e seus impactos ambientais e de saúde demandam ações coordenadas entre governos, empresas e sociedade. A economia circular surge como uma solução promissora, promovendo a reutilização e reciclagem, aliviando a pressão sobre os recursos naturais e minimizando os danos ambientais. Para enfrentar esses desafios, é fundamental adotar práticas colaborativas que conciliem inovação tecnológica com responsabilidade ambiental, especialmente considerando o aumento da demanda global e os desafios relacionados à escassez de materiais.

## **5 Barreiras Identificadas na Literatura**

A implementação da logística reversa de resíduos eletrônicos enfrenta uma série de barreiras, que vão desde questões financeiras e legais até a falta de infraestrutura e incentivos econômicos. Embora a legislação, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabeleça diretrizes importantes, a prática muitas vezes esbarra em obstáculos que dificultam a adoção de soluções eficazes e sustentáveis. Além dos desafios relacionados à viabilidade econômica, a complexidade da logística reversa é intensificada por fatores como a fiscalização inadequada, a ausência de um mercado robusto para absorção de materiais reciclados e a rápida obsolescência tecnológica. Nesta seção, serão exploradas as principais barreiras para a implementação da logística reversa de resíduos eletrônicos, com foco nos aspectos financeiros e legais que limitam seu avanço.

### **5.1 Financeiras**

Conforme destacado por Pereira et al. (2019), um dos principais desafios na implementação da logística reversa de resíduos eletrônicos é a viabilidade financeira, que muitas vezes impede a reciclagem eficiente e sustentável desses materiais. Além disso, a coleta espontânea de REEE no varejo encontra dificuldades particulares, como o potencial alto custo para a manutenção da necessária infraestrutura física de recebimento e armazenagem.

Um dos presidentes da Associação Internacional de Resíduos Sólidos destaca que: "Uma das barreiras é justamente a capilaridade do sistema de captação de coleta desses materiais. O outro, a infraestrutura disponível para processar esses materiais como recurso para valorizar esses materiais. E o terceiro, diria até mesmo um mercado para absorver esse recurso no processo produtivo" (SILVA FILHO, ano).

Os benefícios decorrentes da associação da marca à sustentabilidade podem não ser suficientemente vantajosos em relação à ocupação de espaço com uma atividade que essencialmente não gera receita direta. "Ainda mais delicados são os potenciais problemas decorrentes da já citada regulamentação a respeito dos REEE como resíduos perigosos" (INVENTTA, 2012, p. 33). Além do mais, o ritmo rápido da inovação tecnológica e da miniaturização de produtos eletrônicos indica que "os incentivos econômicos para a recuperação de recursos como justificativa para a EPR podem não ser sustentáveis" (AWASTHI et al., 2019, p. 88). Portanto Isso dificulta a implementação da logística reversa, sustentada apenas na recuperação do valor dos resíduos recuperados.

## **5.2 Legais**

Em diversos países, essas atividades fazem parte do custo do produto, ou seja, o fabricante é responsável pelo destino final desses bens, incluindo a coleta, destinação e tratamento. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), "isso é parte da legislação ambiental" (IPEA, 2020). De acordo com Júnior, Saiani e Dourado (2014), apesar da existência da Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), que impõe responsabilidades aos empresários, a fiscalização e a obrigatoriedade não são uniformes em municípios brasileiros com renda per capita média ou alta. Apenas 24,1% desses municípios dispõem adequadamente os resíduos de serviços de saúde em aterros sanitários destinados a resíduos especiais.

Embora a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) represente um marco importante na legislação ambiental brasileira, sua efetividade ainda enfrenta desafios significativos. Apesar das diretrizes estabelecidas, a lei apresenta lacunas que permitem que empresas não cumpram integralmente suas obrigações. Essas brechas, somadas à fiscalização insuficiente e à falta de incentivos adequados, acabam enfraquecendo o cumprimento das normas e retardando a implementação plena de práticas sustentáveis, como a logística reversa e a gestão adequada dos resíduos sólidos (JÚNIOR; SAIANI; DOURADO, 2014). É necessário que políticas públicas sejam criadas para fortalecer os pequenos catadores, já que eles são os principais impulsionadores desse comércio (OLIVEIRA et al., 2020; GUARNIERI et al., 2016; GHISOLFI et al., 2017).

## **5.3 Estruturais**

A falta de conscientização, de conhecimento técnico e de dados sobre a gestão desses resíduos representa uma barreira relevante para a implantação de sua logística reversa (Santos & Ogunseitan, 2022). Questões organizacionais e de infraestrutura são prioridades para o governo e pequenos negócios, enquanto os consumidores destacam barreiras gerenciais (Vieira et al., 2020). As dimensões continentais do Brasil, obstáculos fiscais e conflitos entre organizações de catadores e indústrias também dificultam o progresso dessa implementação efetiva da logística reversa (Demajorovic et al., 2016). Além disso, barreiras

tecnológicas para a reciclagem de resíduos eletrônicos e divergências entre os setores público e privado atrasam a assinatura de acordos setoriais (Ferreira Yura, 2014).

O custo de gerenciamento de produtos "órfãos" permanece um ponto de discórdia entre a indústria e o comércio (Ferreira Yura, 2014). Apesar desses desafios, a nova legislação tem facilitado o diálogo entre os envolvidos na cadeia de eletrônicos, com potencial para avançar o modelo brasileiro de logística reversa (Demajorovic et al., 2016). Superar essas barreiras exige a integração de diferentes partes interessadas e a adaptação dos modelos à realidade local (Santos & Ogunseitan, 2022; Demajorovic et al., 2016).

## **6 Resultados e Discussões**

A pesquisa realizada confirma que a logística desempenha um papel crucial no movimento e crescimento econômico, político e social da cadeia de suprimentos. As empresas utilizam a logística como uma vantagem competitiva para aumentar a eficiência e melhorar a produção. No entanto, a busca incessante por inovação e a produção de produtos com ciclos de vida mais curtos trazem grandes responsabilidades e desafios. Esses desafios incluem impactos negativos na saúde humana e no meio ambiente, devido ao aumento do volume de resíduos eletrônicos e à necessidade de gestão adequada desses resíduos. Por exemplo, segundo dados do Global E-waste Monitor 2020, o Brasil gerou cerca de 2,1 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos em 2019, dos quais menos de 3% foram reciclados. Isso ilustra a urgência de implementar práticas eficazes de logística reversa para mitigar os efeitos negativos desse tipo de resíduo.

Uma das principais barreiras identificadas nesta revisão de escopo sobre a logística reversa de resíduos eletrônicos pode estar relacionada com a falta de incentivos governamentais. Embora o Decreto nº 9.177/2017, substituído pelo Decreto nº 10.936/2022 (artigos 27 a 29), estabeleça que a logística reversa deve ser aplicada em todas as regiões e cidades, no Brasil, essa aplicação não é obrigatória para todos os lugares. Isso cria uma lacuna que permite que muitas empresas não adotem essas práticas. Além disso, a ausência de incentivos financeiros e subsídios para as empresas agrava a situação. Apesar dessa falha regulatória, a logística reversa pode ser uma vantagem competitiva significativa para diversos setores empresariais. A título de exemplo, em países onde a logística reversa é incentivada, como Alemanha e Japão, as empresas conseguem reduzir custos de produção ao reutilizar materiais e melhorar sua imagem corporativa perante consumidores conscientes. No Brasil, a falta de tais políticas facilita que as empresas não tenham o compromisso de contribuir para a logística reversa que ocasiona o aumento dos resíduos eletrônicos não reciclados (TONETO JÚNIOR; SAIANI; DOURADO, 2014).

A Lei Federal n. 12.305 (Lei de Resíduos Sólidos) é um grande marco para o mercado de LR, no entanto, ela tem algumas brechas na sua aplicação total como a falta de fiscalização e regulamentação em algumas áreas por parte do setor público, e dentro das empresas que acaba sendo outra barreira significativa para a implementação da gestão de materiais eletrônicos que seriam descartados no lixo comum no Brasil (TONETO JÚNIOR; SAIANI; DOURADO, 2014). A ausência de uma fiscalização rigorosa permite que muitas empresas não cumpram suas obrigações de logística reversa, contribuindo para o aumento dos resíduos eletrônicos inadequadamente descartados.

## **7 Conclusão**

Este estudo investigou as barreiras para a implementação da logística reversa de resíduos eletrônicos (REE) no Brasil, destacando a importância dessa prática para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico. Entre os principais achados, identificamos que as barreiras financeiras, legais e operacionais desempenham um papel central na limitação da eficácia dessa logística. A ausência de infraestrutura adequada, os custos elevados de coleta e reciclagem, e a falta de um mercado robusto para materiais reciclados dificultam o avanço da logística reversa no

país. Além disso, a rápida obsolescência tecnológica agrava o problema, criando desafios adicionais para a gestão dos REE.

Contribuições práticas incluem a sensibilização para a importância de políticas públicas mais rigorosas e incentivos econômicos que promovam a reciclagem e a reutilização dos materiais eletrônicos. Do ponto de vista teórico, este trabalho amplia o conhecimento sobre as barreiras à implementação da logística reversa, oferecendo insights para futuras pesquisas e intervenções no setor.

Para estudos futuros, sugere-se a realização de pesquisas empíricas que investiguem o papel dos consumidores e empresas na logística reversa, assim como estudos comparativos entre diferentes países para identificar melhores práticas. Adicionalmente, a exploração de novas tecnologias e modelos de negócios, como a economia circular, pode contribuir para superar algumas das barreiras identificadas e impulsionar a gestão sustentável dos resíduos eletrônicos.

## 8 Referências

AGÊNCIA PAULISTA DE PROMOÇÃO DE INVESTIMENTO E COMPETITIVIDADE. ABDI publica documento sobre descarte de equipamentos eletroeletrônicos. Disponível em: <https://www.investe.sp.gov.br/noticia/abdi-publica-documento-sobre-descarte-de-equipamentos-eletroeletronicos/>. Acesso em: 03 jul. 2024.

AWASTHI, Abhishek Kumar; LI, Jinhui; KOH, Lenny; OGUNSEITAN, Oladele A. Circular economy and electronic waste. *Nature Electronics*, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 86-89, 2019. DOI: 10.1038/s41928-019-0212-8.

Azevedo, L. P. et al. (2017). E-waste management and sustainability: a case study in Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(32), 25221–25232. doi:10.1007/s11356-017-0099-7.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/residuos-solidos-3/#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2012.305%2C%20DE%202%20DE%20AGOSTO%20DE%202010.,Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos..> Acesso em: 19 ago. 2024.

BRILHANTE, A. K. V. C., Rocha, E. M. R., Pereira, H. S., Rabelo Neta, M. T. de A., do Carmo, M. W. R. D. B. (2016). Identificação da logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos (REE) na gestão de duas associações de materiais recicláveis no município de João Pessoa-PB. In: *Anais do VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, Campina Grande/PB, 21 a 24 de novembro de 2016. Campina Grande/PB: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais.

BRIDA, Isabel Conceição de. Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos: uma análise do sistema no Brasil. *Tecnologia e Ambiente*, 2019.

CARDOSO, Laura Brandhuber. Descarte de produtos eletroeletrônicos no Brasil e seu alcance frente às diretrizes impostas na Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. *Revista da Emeron*, [s.l.], 2021. Disponível em: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:266445892>. Acesso em: 15 de set. 2024.

CONTADOR, L.; e outros. Paradoxos da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos e da mineração urbana no Brasil. Revista Tecnologia e Sociedade, 2022. DIAS, Marco A. Introdução à Logística - Fundamentos, Práticas e Integração. Grupo GEN, 2016. E-book. ISBN 9788597009927.

SILVEIRA, M. P. T. et al. Revisões sistemáticas de literatura: passos para sua elaboração. Revista Pan-Amazônica de Saúde, Ananindeua, v. 5, n. 1, p. 9-15, 2014. Disponível em: [http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1679-49742014000100018](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742014000100018). Acesso em: 5 jul. 2024.

[https://www.cetem.gov.br/antigo/images/reminare/documentos/EVTE\\_ELETROELETRONICO\\_2012\\_INVENTTA.pdf](https://www.cetem.gov.br/antigo/images/reminare/documentos/EVTE_ELETROELETRONICO_2012_INVENTTA.pdf). Acesso em: 03 jul. 2024.

<https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/mdic/mdic-conclui-cooperacao-tecnica-com-japao-sobre-logistica-reversa-de-equipamentos-eletroeletronicos>

<https://www.sciencedirect.com>

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 03 jul. 2024

INVENTTA. Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica da Reciclagem de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Rio de Janeiro: CETEM, 2012.

JÚNIOR, Rudinei T.; SAIANI, Carlos César S.; DOURADO, Juscelino. Resíduos Sólidos no Brasil: Oportunidades e Desafios da Lei Federal n. 12.305 (Lei de Resíduos Sólidos). Editora Manole, 2014. E-book. ISBN 9788520449240.

DEMAJOROVIC, Jacques; MIGUEZ, Daniela; LEITE, Gabriel Soares. Logística reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. Ambiente. social. [online], v. 3, pág. 117-136, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/hsym9V35CCXBNfn4sbNmctD/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 14 de set. 2024.

MELO, A. C. S. et al. **Analysis of activities that make up reverse logistics processes: proposition of a conceptual framework**. Brazilian Journal of Operations and Production Management, v. 19, n. 2, p. 1–16, 2022.

MELO, André Cristiano Silva; NUNES, Denilson Ricardo de Lucena; BRAGA JÚNIOR, Antônio Erlindo; BRANDÃO, Rayra; NAGATA, Verônica de Menezes Nascimento; MARTINS, Vitor William Batista. **Analysis of activities that make up reverse logistics processes: proposition of a conceptual framework**. Belém: State University of Pará, 2024.

PEREIRA, André L.; BOECHAT, Cláudio B.; TADEU, Hugo Ferreira B.; SILVA, Jersone Tasso M. Logística Reversa e Sustentabilidade. Cengage Learning Brasil, 2012. E-book. ISBN 9788522113941. Acesso em: 02 jul. 2024.

RAJESH, Ramachandran; KANAKADHURGA, Dharmaraj; PRABAHARAN, Natarajan. Electronic waste: A critical assessment on the unimaginable growing pollutant, legislations and environmental impacts. *Journal of Cleaner Production*, v. XX, n. XX, p. XX-XX, 2019.

SANTOS, S. M.; OUTRO, Autor. E-waste management in Brazil: Challenges and opportunities of a reverse logistics model. *Environmental Technology & Innovation*, [s.l.], v. 2022, 2022.

SILVA, Alexandra Fernanda; MATTOS, Ubirajara Aluizio de Oliveira. Logística Reversa - Portugal, Espanha e Brasil: uma revisão bibliográfica. *Revista Internacional de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 09, n. 01, p. 35-52, jan./abr. 2019. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/ojs/index.php/ric>. Acesso em: 5 jul. 2024

SOUZA, Eduarda Dutra de; e outros. Barreiras na implementação da logística reversa nas empresas catarinenses. *Revista da Sociedade de Desenvolvimento Sul-Americana*, 2018.

TONETO JÚNIOR, Rudinei; SAIANI, Carlos César S.; DOURADO, Juscelino.\*\* \*Resíduos Sólidos no Brasil: Oportunidades e Desafios da Lei Federal n. 12.305 (Lei de Resíduos Sólidos)\*. Barueri: Editora Manole, 2014. E-book. ISBN 9788520449240.

VIEIRA, B.; OUTROS, autores. Prioritizing Barriers to Be Solved to the Implementation of Reverse Logistics of E-Waste in Brazil under a Multicriteria Decision Aid Approach. *Sustainability*, [s.l.], v. 2020, 2020. Disponível em: [https://doi.org/\[DOI\]](https://doi.org/[DOI]). Acesso em: 15 de set. 2024.

WEETMAN, Catherine. Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa. Grupo Autêntica, 2019. E-book. ISBN 9788551305157.

YURA, Érika Tatiane Ferreira. Processo de implantação dos sistemas de logística reversão de equipamentos eletroeletrônicos previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma visão dos gestores. 2014. [sl], 2014.