

LOGÍSTICA REVERSA DE PILHAS E BATERIAS: uma revisão da política nacional de resíduos sólidos 2010-2030

MARLON RODRIGUES DE SOUZA
MAYSSON RODRIGUES DE SOUZA

Resumo

A presente revisão bibliográfica qualitativa e temporal analisa a evolução e a efetividade da logística reversa de pilhas e baterias no Brasil, à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 e atualizada pelo Decreto nº 10.936/2022. O estudo abrange o período de 2010 a 2025, visando o horizonte de vinte anos previsto no Art. 15 da PNRS, e examina a progressão normativa, os instrumentos legais, os acordos setoriais, os agentes públicos e privados e as ações educativas que sustentam o sistema. Foram revisados dezessete artigos científicos nacionais publicados entre 2010 e 2025, complementados por legislações e relatórios institucionais. Os resultados indicam que a modernização tecnológica e normativa promovida pelo Decreto nº 10.936/2022 fortaleceu a integração digital e aperfeiçoou a gestão dos resíduos perigosos, mas a efetividade prática da logística reversa ainda depende do engajamento social e da consolidação de políticas de educação ambiental. A pesquisa revela também que, após processos de conscientização e formação ambiental, a população tende a adotar práticas sustentáveis de descarte e devolução, confirmando o papel transformador da educação ambiental na consolidação da sustentabilidade e no fortalecimento da responsabilidade compartilhada entre o poder público, empresas e sociedade civil.

Palavras-chave: logística reversa; resíduos sólidos; sustentabilidade; pilhas e baterias; política nacional de resíduos sólidos.

Reverse logistics of batteries: a review of the national solid waste policy 2010-2030

Abstract

This qualitative bibliographic literature review examines the evolution and effectiveness of reverse logistics for batteries in Brazil based on the National Solid Waste Policy (PNRS), established by Law No. 12,305/2010 and updated by Decree No. 10,936/2022. The study covers the period between 2011 and 2025, considering the twenty-year horizon set forth in Article 15 of the PNRS, and analyzes the normative progression, legal instruments, sectoral agreements, public and private actions, and educational initiatives that sustain the system. Seventeen national scientific papers published between 2010 and 2025 were reviewed, complemented by legislation and institutional reports. The findings show that the technological and regulatory modernization promoted by Decree No. 10,936/2022 strengthened digital integration and improved the management of hazardous waste, however, the practical effectiveness of reverse logistics still depends on social engagement and the consolidation of environmental education policies. The research also reveals that, after environmental awareness and training processes, the population tends to adopt sustainable practices of disposal and return, reinforcing the transformative role of environmental education in consolidating sustainability and shared responsibility among government, companies, and civil society.

Keywords: *reverse logistics; solid waste; sustainability; batteries; national solid waste policy.*

1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 1980, o Brasil enfrenta desafios crescentes na gestão de resíduos sólidos, intensificados pela urbanização acelerada, pelo aumento do consumo de eletroeletrônicos e pela consequente geração de resíduos perigosos (Costa, 2016). As pilhas e baterias, em especial, representam uma fração crítica do passivo ambiental devido à presença de metais pesados como chumbo, cádmio e mercúrio classificados como perigosos pela ABNT NBR 10004:2004. Como estabelece a norma: "Os resíduos Classe I são aqueles que, por suas

características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente"(ABNT, 2004, p. 7).

No cenário internacional, o tratamento de resíduos eletroquímicos é visto como indicador de maturidade ambiental e tecnológica. Países como Japão, Alemanha e membros da União Europeia já operam sistemas integrados de logística reversa, com processos hidrometalúrgicos e pirometalúrgicos avançados, recuperando mais de 90% dos metais presentes — índice muito superior ao alcançado no Brasil, onde a descentralização dos pontos de coleta e a baixa adesão da população ainda comprometem o fluxo reverso (Moura; Santos, 2020).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, estabeleceu a responsabilidade compartilhada como eixo estruturante do sistema de gestão ambiental. O Art. 15 da PNRS prevê um horizonte de planejamento de 20 anos (2010–2030), sujeito a revisões periódicas para adequação às mudanças tecnológicas e sociais. Sobre esse princípio, destaca-se na lei: "A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é o conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos" (BRASIL, 2010, p. 4).

A trajetória regulatória da logística reversa foi construída de forma progressiva. A Resolução CONAMA nº 257/1999 introduziu os primeiros mecanismos de controle; a Resolução CONAMA nº 401/2008 definiu limites de metais pesados; a PNRS (2010) consolidou o modelo; e os Decretos nº 7.404/2010, nº 9.177/2017 e nº 10.936/2022 modernizaram o sistema e integraram a gestão digital via Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, dando origem ao Programa Nacional de Logística Reversa (PNLR).

Essa evolução normativa demonstra um processo contínuo de aperfeiçoamento legal e institucional da logística reversa no Brasil, progressivamente alinhado aos princípios da economia circular e à incorporação de ferramentas de Tecnologia da Informação (TI) voltadas à fiscalização, ao monitoramento e à rastreabilidade dos resíduos. No entanto, apesar dos avanços regulatórios, a literatura científica aponta que a efetividade prática do sistema ainda enfrenta desafios estruturais, operacionais e comportamentais, especialmente no que se refere à integração entre os atores envolvidos e à participação da sociedade no descarte adequado.

Os estudos recentes têm destacado a necessidade de compreender não apenas a existência das normas, mas também como essas normas vêm sendo assimiladas, interpretadas e aplicadas ao longo do tempo pela sociedade. Assim, compreender a evolução da logística reversa de pilhas e baterias requer nesse momento uma abordagem bibliográfica e temporal que permita resgatar o percurso histórico do sistema, analisar seu funcionamento no contexto atual e, a partir desse entendimento, subsidiar de forma consistente futuras avaliações e projeções, oferecendo uma leitura atualizada do estágio de consolidação do sistema no país.

1.1 Justificativa

A escolha do tema fundamenta-se na relevância ambiental e socioeconômica da gestão de resíduos perigosos. As pilhas e baterias, pela sua composição química, representam risco significativo ao solo e aos recursos hídricos, reforçando a necessidade de um sistema reverso eficiente.

Embora exista um arcabouço legal consolidado Resoluções CONAMA nº 257/1999 e nº 401/2008; PNRS (Lei nº 12.305/2010); Decretos nº 7.404/2010, nº 9.177/2017 e nº 10.936/2022 grande parte da população ainda desconhece como funciona o processo de devolução. Como mostra Souza (2011), em dado trecho: "84,9% dos consumidores

descartavam pilhas em lixo comum antes das campanhas de educação ambiental" (Souza, 2011, p. 28).

Além disso, Oliveira (2024) destaca falhas graves na comunicação institucional entre empresas, Estado e consumidores, apontando que: "A ausência de clareza nos canais oficiais de devolução compromete o engajamento da população" (Oliveira, 2024, p. 14).

Essa dinâmica regulatória da logística reversa no Brasil ainda se encontra em processo de consolidação. Embora a PNRS tenha sido instituída em 2010, sua operacionalização efetiva, especialmente no que se refere aos resíduos perigosos como pilhas e baterias, foi sendo ajustada ao longo da última década. A publicação do Decreto nº 10.936/2022 representa uma reestruturação normativa significativa, trazendo novas diretrizes, definindo responsabilidades e ampliando mecanismos de controle e monitoramento, o que ajuda a explicar não apenas a restrição de estudos consolidados ao longo do período, mas também o fato de muitos trabalhos necessitarem de atualização para refletir o cenário vigente. Portanto, o presente artigo busca contribuir justamente nesse ponto, oferecendo uma análise atualizada das mudanças até o momento presente, com base nas normativas mais recentes e nos dados disponíveis.

Assim, a pesquisa se justifica pela necessidade de avaliar a coerência entre metas legais e resultados observados na prática no decorrer do tempo, considerando tanto os avanços quanto às lacunas persistentes especialmente no setor de pilhas e baterias, que ainda carece de integração, incentivos fiscais e infraestrutura tecnológica.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar, à luz da PNRS e seus decretos complementares, a evolução, os desafios e os resultados da logística reversa de pilhas e baterias no Brasil, entre 2010 e 2025, considerando o horizonte de 20 anos previsto para 2030.

1.2.2 Objetivos específicos

Mapear a evolução normativa e institucional da logística reversa de pilhas e baterias, com ênfase nas Resoluções CONAMA nº 257/1999 e nº 401/2008 e nos Decretos nº 7.404/2010, nº 9.177/2017 e nº 10.936/2022, identificando seus avanços e desdobramentos práticos.

Investigar os instrumentos legais e operacionais aplicados à gestão de resíduos perigosos, observando como os acordos setoriais e os programas nacionais contribuíram para a implementação da PNRS e para a integração das cadeias produtivas.

Analisar os resultados obtidos em pesquisas científicas nacionais publicadas entre 2010 e 2025, destacando convergências, lacunas e contribuições relacionadas à logística reversa de pilhas e baterias.

Examinar o desempenho das iniciativas brasileiras de reciclagem e reaproveitamento de metais provenientes de pilhas e baterias, considerando indicadores discutidos nos estudos, como eficiência técnica, custos operacionais e políticas de incentivo.

Avaliar o papel da educação ambiental e da comunicação organizacional como instrumentos de mobilização social e de consolidação da responsabilidade compartilhada entre os diferentes elos da cadeia produtiva.

Propor recomendações técnicas e políticas para o aprimoramento da logística reversa de pilhas e baterias até o novo ciclo de revisão da PNRS em 2030, com base nas tendências e desafios observados nas últimas duas décadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, consolidou um marco normativo essencial para a gestão ambiental brasileira, ao estabelecer os princípios da responsabilidade compartilhada, da logística reversa e da gestão integrada. Segundo o texto legal: “A gestão integrada de resíduos sólidos compreende o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social” (BRASIL, 2010, p. 4).

A consolidação desse marco permitiu que setores historicamente negligenciados — como o de pilhas e baterias passassem a atender critérios mínimos de segurança ambiental e rastreabilidade. Complementando a PNRS, o Decreto nº 10.936/2022 avançou ao modernizar os mecanismos de controle, instituindo o Programa Nacional de Logística Reversa (PNLR) e ampliando o papel do SINIR como sistema de monitoramento em rede (BRASIL, 2022).

Além disso, o Art. 33 da PNRS estabeleceu os acordos setoriais como mecanismos de cooperação entre o poder público e o setor empresarial, definindo metas, prazos e responsabilidades compartilhadas. Esses instrumentos são fundamentais para a implementação prática da logística reversa, especialmente em setores como o de pilhas e baterias, cujo retorno pós-consumo depende de redes complexas de coleta e reciclagem (BRASIL, 2010).

A Resolução CONAMA nº 257/1999 constituiu o primeiro passo normativo específico para pilhas e baterias no país, ao exigir a devolução obrigatória e fixar regras de gerenciamento ambiental. Em 2008, o CONAMA atualizou esse arcabouço por meio da Resolução nº 401/2008, estabelecendo limites máximos de metais pesados e reforçando os mecanismos de fiscalização. Essa evolução normativa se articula à ABNT NBR 10004:2004, que classifica pilhas e baterias como resíduos Classe I – perigosos, exigindo controle rigoroso no armazenamento, transporte e destinação.

A seguir, a revisão bibliográfica é estruturada em três dimensões fundamentais: técnico-operacional, socioeducacional e comunicacional, concluindo com uma síntese comparativa ampliada, contendo citações diretas longas conforme solicitado.

2.1 Perspectivas técnico-operacionais

Ferreira *et al.* (2014) descrevem a logística reversa como um instrumento capaz de reintroduzir produtos na cadeia produtiva como observado no trecho:

A logística reversa não se limita ao retorno físico de materiais; representa um processo estratégico que envolve planejamento, controle e operacionalização do fluxo reverso, abrangendo desde o recolhimento até o reaproveitamento industrial dos resíduos. (Ferreira *et al.*, 2014, p. 7).

Essa perspectiva demonstra que pilhas e baterias, por possuírem alto potencial de contaminação, exigem sistemas mais rígidos e eficientes.

Farias (2016) aprofunda essa discussão ao analisar os riscos de lixiviação e percolação dos metais pesados no solo e na água, afirmando que: “A ecoeficiência se torna inviável quando o processo de reciclagem apresenta baixa escala ou alto custo, resultando em gargalos que comprometem toda a cadeia reversa de pilhas e baterias” (Farias, 2016, p. 23).

O autor reforça que a Suzaquim permanece como a principal recicladora brasileira, operando com capacidade limitada diante da demanda crescente (Suzaquim, s.d.).

Moura e Santos (2020) ampliam o debate e comparam a eficiência de diferentes setores da logística reversa no Brasil:

Enquanto a cadeia de pneus inservíveis alcança índices de recolhimento próximos a 100% e os vasilhames de agrotóxicos contam com centenas de pontos credenciados, o setor de pilhas e baterias mantém-se como o mais fragmentado e menos integrado do país, com pouca rastreabilidade e baixa fiscalização” (Moura; Santos, 2020, p. 14).

Os autores evidenciam que as recicladoras brasileiras se concentram na Região Sudeste, elevando custos logísticos e dificultando o atendimento nacional. Em contrapartida, a União Europeia e o Japão utilizam processos hidrometalúrgicos e pirometalúrgicos com taxas superiores a 90% de recuperação de metais.

2.2 Abordagens sociais e educacionais

Souza (2011, p. 42) apresenta um dos dados mais relevantes para compreender a dimensão social do problema: “Antes das campanhas educativas, 84,9% dos entrevistados descartavam pilhas e baterias no lixo comum, evidenciando total desconhecimento sobre riscos à saúde e ao meio ambiente”.

Esse dado reforça a ligação direta entre educação ambiental e mudança de comportamento.

Costa (2016, p. 55) complementa que padrões de consumo estão diretamente ligados ao aumento da geração de resíduos, afirmando: “A falta de consciência coletiva sobre o descarte adequado agrava o passivo ambiental e demonstra a necessidade de políticas integradas de educação, participação comunitária e fiscalização”

Pena, Santos e Goi (2021) demonstram que intervenções pedagógicas em escolas públicas geram melhorias substanciais, criando pontos de coleta e elevando o engajamento comunitário. Mendes (2024, p. 12) vai além ao utilizar ferramentas digitais: “Os QR Codes facilitaram o acesso a informações atualizadas sobre locais de descarte e ampliaram a participação da comunidade escolar nas ações de logística reversa”.

Assim, a literatura reforça que a educação ambiental é o vetor de transformação mais eficaz no ciclo reverso brasileiro.

2.3 Dimensões econômicas e comunicacionais

Oliveira (2024) introduz o conceito de comunicação organizacional ambiental:

A comunicação institucional ainda é insuficiente para garantir que os consumidores compreendam sua responsabilidade no processo de descarte, o que resulta em baixa adesão aos pontos de coleta e fragilidade nos mecanismos de responsabilização social (Oliveira, 2024, p. 18).

A autora apresenta os dados mais expressivos sobre percepção social: 72,4% dos entrevistados desconheciam os pontos de coleta, enquanto 36,3% acreditavam que a responsabilidade era exclusivamente dos fabricantes.

Gomes (2020), por sua vez, demonstra como a educação científica pode fortalecer processos comunicacionais, ao mostrar que compreender a eletroquímica das baterias contribui para a adoção de práticas sustentáveis

2.4 Síntese comparativa

A literatura analisada evidencia que os maiores avanços ocorreram após a vigência da PNRS e, mais recentemente, após o Decreto nº 10.936/2022. Entretanto, os estudos são unânimes em apontar desafios persistentes:

- a) fragmentação da cadeia de reciclagem;
- b) ausência de incentivos fiscais;
- c) baixa capilaridade dos pontos de coleta;
- d) desigualdade regional;
- e) fragilidade da fiscalização ambiental.

Os textos também apontam que a sustentabilidade depende de três pilares integrados: conhecimento, política e ação social. Essa trilogia corresponde ao conceito de ecoeficiência, entendido como o equilíbrio entre desempenho produtivo, responsabilidade ambiental e participação cidadã.

Assim, a revisão bibliográfica qualitativa demonstra que a logística reversa de pilhas e baterias só se fortalecerá plenamente quando:

- a) a educação ambiental tornar-se contínua;
- b) a comunicação institucional for transparente e acessível;
- c) a infraestrutura técnica atingir padrões internacionais;
- d) os acordos setoriais forem plenamente monitorados.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica e temporal, de natureza descritiva e analítica, fundamentada em artigos científicos nacionais, documentos legais, normas técnicas, relatórios institucionais e referências internacionais relacionados à logística reversa de pilhas e baterias no contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Essa abordagem visa compreender a evolução normativa, técnica e socioeducativa do sistema brasileiro entre 2010 e 2025, em consonância com o horizonte de planejamento legal estabelecido até 2030.

Segundo Lakatos e Marconi (2003), a análise documental constitui método adequado para estudos de políticas públicas, o pesquisador trabalha com fontes primárias e secundárias, selecionando, interpretando e relacionando os dados de forma sistemática para produzir conclusões válidas e fundamentadas.

Este estudo adota exatamente essa perspectiva, organizando e confrontando informações técnico-científicas, legais e institucionais para interpretar o estado atual da logística reversa de pilhas e baterias no Brasil.

3.1 Procedimentos de coleta de dados

A coleta dos materiais foi realizada entre 25 e 29 de agosto de 2025 no Portal de Periódicos da CAPES, principal base de dados científica utilizada, complementada por documentos oficiais e normas técnicas.

Os seguintes parâmetros foram aplicados:

- a) Escopo de busca: “logística reversa pilhas baterias”;
- b) Período analisado: 2011 a 2025.

Após filtros sucessivos, 17 artigos científicos atenderam aos critérios de inclusão e compuseram a base empírica da revisão. Além disso, foram incorporados seguinte documento como material de apoio:

- a) Resoluções CONAMA nº 257/1999 e 401/2008;
- b) Norma técnica ABNT NBR 10004:2004;
- c) Decretos Federais 7.404/2010, 9.177/2017 e 10.936/2022;
- d) Relatórios institucionais da ABINEE e do Ministério do Meio Ambiente;
- e) Documentos internacionais, como a *Directive* 2013/56/EU, para comparação global.

A delimitação dos artigos ocorreu de forma criteriosa. Segundo Gil (2002, p.70): “A revisão bibliográfica deve selecionar materiais que apresentem rigor metodológico, pertinência temática e atualização compatível com os objetivos do estudo”.

Assim, garantiu-se que todos os textos analisados possuíam relevância temática direta com o setor de pilhas e baterias.

Embora a logística reversa de pilhas e baterias apresenta elevada relevância ambiental e social, a literatura científica ainda é relativamente escassa quando comparada a outros tipos de resíduos sólidos. Ao longo do período analisado (2010–2025), observa-se um número limitado de publicações na plataforma Periódicos CAPES com aprofundamento técnico e avaliativo, o que evidencia que o tema ainda se encontra em desenvolvimento no campo acadêmico sendo majoritariamente qualitativa.

Nesse contexto, torna-se importante explicitar quais produções acadêmicas compõem a base desta revisão bibliográfica. O Quadro 1 apresenta os dezessete artigos científicos selecionados para a análise, organizados em ordem alfabética pelo sobrenome do primeiro autor, conforme os critérios metodológicos definidos. A sistematização dessas publicações permite visualizar de forma clara o conjunto de estudos que fundamentam a discussão desenvolvida ao longo do trabalho, evidenciando a distribuição temporal e a diversidade de abordagens adotadas pela literatura nacional sobre logística reversa de pilhas e baterias.

Quadro 1 – Artigos científicos analisados no período de 2010-2025

Autor(es)	Ano	Título do estudo	Instituição / Periódico
Accioly <i>et al.</i>	2020	Potencial de logística reversa de pilhas e baterias no Tribunal de Justiça de Pernambuco	Rev. Bras. Gestão e Sustentabilidade
Cibin, <i>et al.</i>	2017	Logística reversa de pilhas e baterias nos principais comércios de Alfredo Chaves	Revista Intellecto
Costa	2016	Hábitos da população no manejo de resíduos sólidos domiciliares	UnB
Farias	2016	Ecoeficiência, logística reversa e reciclagem de pilhas e baterias	UTFPR
Ferreira <i>et al.</i>	2014	Logística reversa: análise de processos implementados	PUC Campinas
Gomes	2020	A eletroquímica como fonte de energia no cotidiano	CBPC
Lima <i>et al.</i>	2015	Gestão de resíduos eletroeletrônicos e impactos ambientais	LAJBM
Lizarelli; Milano	2014	Mapeamento da logística reversa de pilhas e baterias	GEPros
Medeiros <i>et al.</i>	2023	Implementação da logística reversa em municípios de pequeno porte	Revista Semiárido
Mendes; Ruiz; Farias	2016	Logística reversa de pilhas e baterias no Brasil	Rev. Gestão & Sustentabilidade Ambiental
Mendes	2024	Extensão universitária e logística reversa	UFV
Moura; Santos	2020	Sistemas de logística reversa de pneus, pilhas e baterias	UFSC
Oliveira	2024	Comunicação organizacional e logística reversa	USCS
Oliveira; Lima	2015	Logística reversa em empresas coletoras	RGSA
Pena; Santos; Goi	2021	Logística reversa em escola pública	UFSM
Santos; Gallardo; Graudenz	2016	Logística reversa em redes de drogarias	Revista Eletrônica de Gestão
Souza	2011	Gestão de resíduos pós-consumo	UNINOVE

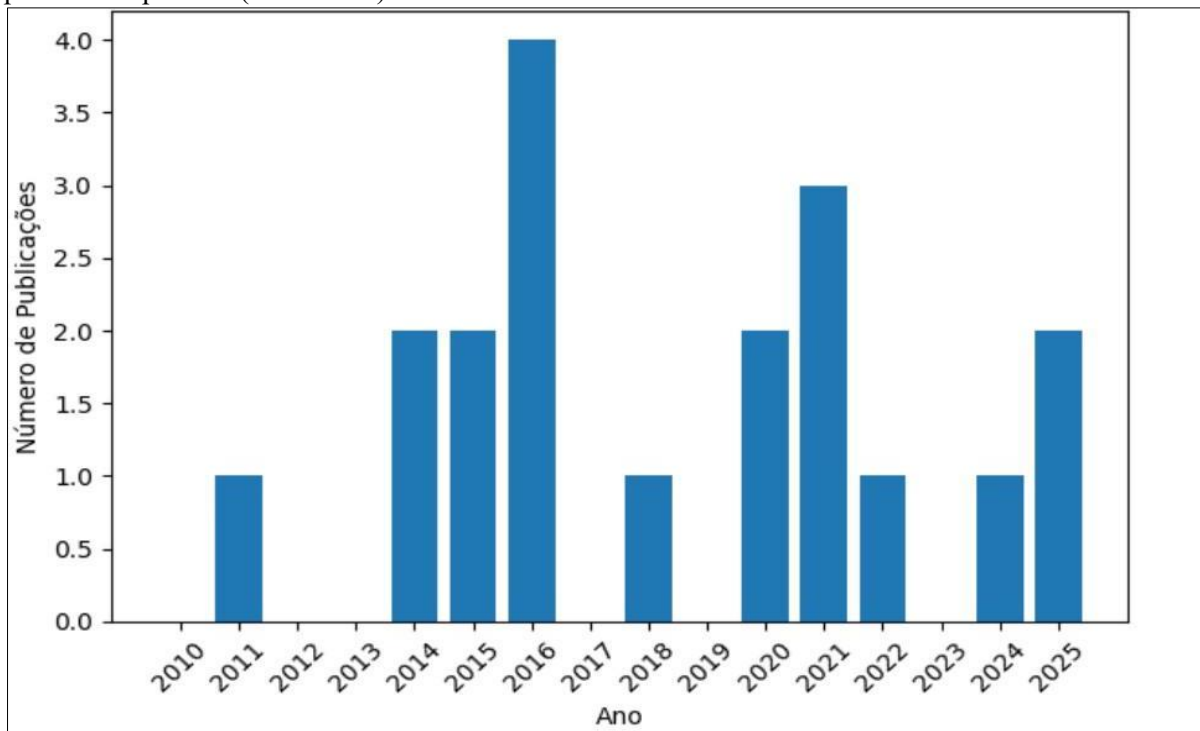
Fonte: Elaboração própria, compilado da base de dados do Portal de Periódicos CAPES (2025).

A partir do levantamento dos artigos e aprofundamento da leitura e compreensão do conteúdo, foi possível a elaboração do Gráfico 1 - Produção de artigos acadêmicos que contemplam o viés sobre logística reversa que perfazem o período (2010-2025), que reforça a limitação das publicações e o desenvolvimento deste período.

O Gráfico 1 – Produção de artigos acadêmicos que contemplam o viés sobre logística reversa que perfazem o período (2010-2025), reforça esse comportamento evolutivo. Verifica-

se um início tímido entre 2010 e 2013, seguido de um crescimento mais expressivo entre 2014 e 2016, período que coincide com a consolidação inicial da PNRS e o fortalecimento das discussões regulatórias, que posteriormente resultaram no Decreto nº 9.177/2017. Em seguida, identifica-se um período de oscilações entre 2017 e 2019, refletindo desafios operacionais e institucionais ainda presentes no sistema. A partir de 2020, observa-se uma retomada gradativa, culminando em um cenário de relativa consolidação entre 2021 e 2025, indicando maior estabilidade do debate acadêmico.

Gráfico 1 – Produção de artigos acadêmicos que contemplam o viés sobre logística reversa que perfazem o período (2010-2025)



Fonte: Elaboração própria, compilado da base de dados do Portal de Periódicos CAPES (2025).

Contudo, mesmo com o avanço normativo representado pelo Decreto nº 10.936/2022 considerado um marco tecnológico por incorporar informatização, mecanismos de rastreabilidade e novos instrumentos de controle ainda não se observa, na base científica selecionada, produção consolidada que detalhe de maneira aprofundada o funcionamento prático desse novo arranjo tecnológico. Na maior parte dos estudos pós-2022, predominam menções conceituais e referências descritivas ao potencial das ferramentas digitais previstas, mas ainda há escassez de análises empíricas, capazes de avaliar sua efetividade, operacionalização real e desempenho quantitativo.

Tal fato se explica, em parte, pela própria trajetória regulatória do setor. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) é considerada relativamente recente em termos de consolidação de políticas públicas complexas e, além disso, passou por importantes atualizações, especialmente com o Decreto nº 10.936/2022, que redefiniu diretrizes operacionais e institucionais. Assim, diversos estudos anteriores tornam-se parcial ou totalmente desatualizados frente ao novo marco normativo, contribuindo para a percepção de superficialidade e fragmentação das informações disponíveis na literatura. Inclusive, os novos recursos de Tecnologia da Informação acrescentados pelo decreto mais recente ainda não atingiram plena maturidade operacional, o que justifica a inexistência de estudos robustos avaliando tecnicamente seu desempenho.

3.2 Critérios de seleção e análise

Os artigos foram classificados de acordo com quatro eixos temáticos, que orientaram a análise comparativa entre as produções científicas e os dispositivos legais:

1. **ESTRUTURA LEGAL E NORMATIVA** — Inclui leis, decretos, resoluções e normas técnicas que sustentam a logística reversa no Brasil, com ênfase no papel do Art. 33 da PNRS e dos acordos setoriais.
2. **EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SENSIBILIZAÇÃO SOCIAL** — Abrange ações escolares, comunitárias e universitárias de conscientização, com destaque para intervenções que alteram hábitos de descarte.
3. **EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA** — Avalia tecnologias de reciclagem, recuperação de metais, custos operacionais, dispersão geográfica das recicladoras e comparação internacional.
4. **PARTICIPAÇÃO INSTITUCIONAL E COMUNICAÇÃO ORGANIZACIONAL** — Examina o papel de empresas, órgãos públicos, escolas e universidades, além da eficácia da comunicação ambiental.

A análise foi conduzida por meio de leitura flutuante, fichamento temático, extração de evidências, comparação normativa e triangulação entre categorias, conforme recomenda Bardin (2011): “A análise de conteúdo permite identificar núcleos de sentido e organizar informações em eixos interpretativos coerentes com os objetivos da pesquisa.”.

3.3 Delimitação temporal e geográfica

Período de análise da pesquisa abrange o período de 2010 a 2025, tendo como marco inicial a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Entretanto, observa-se que a produção científica relacionada à implementação da política passa a aparecer com maior frequência a partir de 2011, em razão do próprio ciclo de produção científica, que envolve análise da legislação, elaboração dos estudos e processos de avaliação por pares. Dessa forma, os artigos científicos analisados concentram-se entre 2011 e 2025, coincidindo com:

- a) início da PNRS (2010);
- b) atualizações periódicas previstas no Art. 15;
- c) publicação dos artigos incluídos;
- d) implementação do Decreto nº 10.936/2022.

O recorte geográfico concentra-se no território brasileiro, considerando desigualdades regionais, mas com referências internacionais comparativas (União Europeia, Japão e EUA), dada sua relevância em reciclagem avançada de metais.

3.4 Tratamento dos dados

Os dados foram tratados por abordagem qualitativa e interpretativa, cruzando fontes legais, científicas e institucionais. Essa triangulação permitiu:

- a) compreender a evolução do sistema brasileiro;
- b) identificar lacunas e avanços;
- c) correlacionar educação ambiental, comunicação organizacional e adesão social;
- d) comparar tecnologias nacionais e internacionais;

e) avaliar a efetividade normativa e operacional da PNRS.

Essa metodologia possibilitou estabelecer um diagnóstico robusto sobre os desafios estruturais, econômicos e culturais que ainda limitam a logística reversa de pilhas e baterias no Brasil.

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A análise integrada dos dezessete artigos científicos, das normas técnicas e das legislações complementares permitiu identificar padrões consistentes na evolução da logística reversa de pilhas e baterias no Brasil entre 2011 e 2025. Os resultados revelam avanços equilibrados entre os eixos normativo, técnico-operacional, educacional e institucional, embora persistam desafios estruturais que dificultam a consolidação plena da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Os estudos indicam que, ao longo desse período, houve significativa maturação conceitual e regulatória, mas a efetividade prática ainda é limitada por barreiras logísticas, econômicas e culturais. Moura e Santos (2020) evidenciam essa discrepância ao afirmarem que:

Apesar da existência de instrumentos legais e de iniciativas privadas, o setor de pilhas e baterias permanece marcado pela fragmentação dos fabricantes, pela baixa rastreabilidade e pela insuficiência de pontos de coleta, dificultando o alcance de metas nacionais de reaproveitamento.” (Moura; Santos, 2020, p. 11).

Essas constatações estão em consonância com o que se observou nos artigos analisados, que convergem quanto às limitações do setor em termos de infraestrutura e adesão social.

Os resultados foram sintetizados em quatro eixos principais, apresentados a seguir:

4.1 Estrutura legal e normativa

A legislação brasileira avançou de forma gradual, começando com as Resoluções CONAMA nº 257/1999 e nº 401/2008, que estabeleceram diretrizes para o gerenciamento de pilhas e baterias. A partir de 2010, a PNRS consolidou a responsabilidade compartilhada e introduziu a logística reversa como instrumento obrigatório.

Segundo Farias (2016), a base normativa brasileira é sólida, mas “a ausência de mecanismos unificados de controle limita a capacidade do Estado de fiscalizar adequadamente as cadeias produtivas fora dos grandes centros urbanos”.

Esse argumento aparece de forma recorrente nos artigos analisados, indicando que a estrutura regulatória é robusta, porém sua aplicação prática enfrenta desigualdades regionais.

O Decreto nº 10.936/2022 constitui o instrumento mais moderno do arcabouço jurídico, ao integrar o SINIR e o Programa Nacional de Logística Reversa (PNLR), ampliando a rastreabilidade digital dos resíduos. Contudo, por se tratar de norma recente, ainda não existem dados consolidados que demonstrem sua eficácia plena no cenário nacional.

4.2 Eficiências técnica e econômica

Os estudos técnicos apontam um déficit significativo entre a capacidade industrial brasileira e os padrões internacionais de reciclagem. Enquanto países europeus recuperam mais de 90% dos metais presentes nas baterias, o Brasil ainda depende de poucas recicladoras licenciadas Suzaquim, Lorene e Omicor concentradas majoritariamente na Região Sudeste.

Farias (2016, p. 58) destaca que: “O alto custo operacional e a baixa escala industrial inviabilizam a expansão das plantas de reciclagem, limitando o país a processos manuais de triagem e ao transporte interestadual de resíduos perigosos.”

Essa limitação é agravada pela ausência de incentivos fiscais, apontada por Moura e Santos (2020), que reforçam que a falta de estímulos econômicos impede investimentos privados em tecnologias hidrometalúrgicas e pirometalúrgicas.

Embora iniciativas como o programa ABINEE Recebe Pilhas e parcerias com grandes varejistas (ex.: Grupo Pão de Açúcar) ampliem os canais de coleta, elas não suprem a necessidade de descentralização das recicladoras e de modernização tecnológica.

4.3 Educação ambiental e sensibilização social

Os artigos analisados corroboram que a educação ambiental é o elemento mais transformador da logística reversa no Brasil. Antes das intervenções educativas, Souza (2011) identificou que 84,9% dos entrevistados descartavam pilhas no lixo comum, revelando um quadro crítico de desinformação.

Após projetos aplicados em escolas públicas e universidades (Pena; Santos; Goi, 2021; Mendes, 2024), observou-se:

- a) aumento expressivo na conscientização;
- b) criação de novos pontos de coleta em ambientes escolares;
- c) maior adesão comunitária;
- d) integração entre tecnologia e educação ambiental por meio do uso de QR Codes, cartazes interativos e plataformas digitais.

Essas práticas comprovam que a sensibilização social não apenas amplia a participação comunitária como também fortalece a própria eficácia dos sistemas legais.

4.4 Participação institucional e comunicação organizacional

O estudo de Oliveira (2024) reforça a importância da comunicação institucional para o sucesso da PNRS. Sua pesquisa constatou que 72,4% da população desconhece os pontos de coleta, enquanto 36,3% atribui a responsabilidade exclusivamente aos fabricantes. Essa percepção revela falhas de comunicação que ainda precisam ser superadas.

O Decreto nº 10.936/2022 contribui para a ampliação da transparência e do acesso às informações, mas a comunicação organizacional permanece como elo frágil da logística reversa brasileira, necessitando de campanhas contínuas e articuladas entre Estado, empresas e mídia.

Os quatro eixos analisados demonstram que:

- a) A legislação brasileira é moderna, mas sua execução é desigual e limitada pela falta de fiscalização e integração.
- b) A eficiência técnica ainda é baixa, com dependência de poucas recicladoras e ausência de incentivos econômicos.
- c) A educação ambiental produz os melhores resultados, alterando hábitos de descarte e ampliando a adesão coletiva.
- d) A comunicação organizacional é essencial, mas ainda insuficiente para consolidar a logística reversa como prática social.

4.5 Perspectiva futura

Ainda assim, considerando que a PNRS estabelece metas de médio e longo prazo e que o Decreto nº 10.936/2022 reforça a necessidade de aprimoramento contínuo do sistema, este estudo também aponta brevemente algumas perspectivas futuras. A consolidação de sistemas

digitais de rastreamento, o fortalecimento da governança federativa, a ampliação de pontos de coleta e o engajamento do consumidor constituem elementos-chave para que o país avance em direção às metas projetadas para a próxima década.

4.6. Síntese dos resultados

A síntese dos resultados obtidos a partir dos dezessete artigos científicos, das normas técnicas e das legislações analisadas revela um panorama coerente sobre o estágio atual da logística reversa de pilhas e baterias no Brasil. Embora o arcabouço legal tenha avançado de maneira expressiva desde a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010, persistem barreiras significativas que comprometem a plena efetividade do sistema.

Os achados evidenciam que a evolução normativa marcada pelas Resoluções CONAMA nº 257/1999 e nº 401/2008, bem como pelos Decretos nº 7.404/2010, nº 9.177/2017 e nº 10.936/2022 fortaleceu a responsabilidade compartilhada e estabeleceu metas importantes para a gestão de resíduos perigosos. Entretanto, conforme apontam Farias (2016) e Moura e Santos (2020), a implementação desses instrumentos apresenta lacunas operacionais, refletidas na baixa padronização das práticas de coleta, na limitada rastreabilidade dos resíduos e na insuficiência de mecanismos de fiscalização ambiental.

No campo técnico-operacional, observou-se que o Brasil ainda apresenta desempenho inferior ao de países europeus e asiáticos, que adotam tecnologias avançadas de reciclagem, como os processos hidrometalúrgicos e pirometalúrgicos. A concentração de recicladoras licenciadas na Região Sudeste notadamente Suzaquim, Lorene e Omicor cria desequilíbrios regionais e limita o alcance nacional do sistema. Essa disparidade se agrava pela ausência de incentivos fiscais e pela elevada dispersão dos mais de mil fabricantes e distribuidores atuantes no setor de pilhas e baterias.

Os resultados também demonstram que a educação ambiental exerce papel central na sensibilização social e na mudança de comportamento dos consumidores. Estudos realizados em escolas e universidades comprovam que práticas pedagógicas, aliadas ao uso de tecnologias digitais como QR Codes e plataformas informativas, ampliam significativamente a adesão à coleta seletiva. Esse conjunto de evidências mostra que a mudança cultural é um dos elementos mais determinantes para a consolidação da logística reversa como prática contínua.

Outro ponto relevante identificado diz respeito à comunicação organizacional. A pesquisa de Oliveira (2024) indica que uma parcela significativa da população desconhece os pontos de coleta e confunde a responsabilidade acerca do descarte adequado, revelando falhas persistentes nos processos de divulgação e engajamento público. Assim, embora o Decreto nº 10.936/2022 tenha ampliado a transparência por meio do SINIR e do Programa Nacional de Logística Reversa (PNLR), a comunicação institucional ainda necessita de fortalecimento.

Em síntese, os principais achados da pesquisa apontam que:

- a) O arcabouço legal brasileiro é moderno e estruturado, mas sua aplicação enfrenta fragilidades operacionais e desigualdade regional.
- b) A eficiência técnica e econômica do setor é limitada, devido à concentração geográfica das recicladoras, à falta de incentivos e ao elevado custo da reciclagem.
- c) A educação ambiental se destaca como o instrumento mais eficaz para aumentar a adesão social, comprovadamente capaz de alterar hábitos de descarte e promover ações comunitárias sustentáveis.
- d) A comunicação organizacional ainda é insuficiente, sendo necessária maior articulação entre poder público, empresas e sociedade civil.

- e) O Decreto nº 10.936/2022 representa um marco regulatório recente, cujo impacto pleno ainda depende de estudos futuros e de maior integração tecnológica.

Esses elementos reforçam que a logística reversa de pilhas e baterias no Brasil se encontra em fase de amadurecimento, com avanços relevantes, mas ainda distante de atingir o nível de eficiência registrado em países líderes em economia circular. A revisão prevista para 2030 será decisiva para corrigir rumos, atualizar metas e fortalecer os eixos que demonstraram maior impacto especialmente a educação ambiental e a integração digital.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada da literatura científica, dos documentos normativos e das evidências institucionais produzidas entre 2010 e 2025 demonstra que a logística reversa de pilhas e baterias no Brasil passou por um processo significativo de amadurecimento conceitual e regulatório. No entanto, apesar dos avanços obtidos, ainda existe um hiato considerável entre o arcabouço legal robusto e a efetividade prática dos mecanismos de coleta, reciclagem e destinação final, especialmente quando se observam fatores como dispersão geográfica dos fabricantes, fragilidade dos controles e baixa adesão da população.

O percurso normativo iniciado pela Resolução CONAMA nº 257/1999 e ampliado pela Resolução nº 401/2008 estabelece limites e critérios fundamentais para a destinação adequada desses resíduos perigosos. A Lei nº 12.305/2010 consolidou o princípio da responsabilidade compartilhada e inaugurou um novo paradigma na gestão ambiental brasileira. Como lembra o CONAMA (2008), “metais pesados como chumbo, cádmio e mercúrio exigem manejo rigoroso, dada sua toxicidade e capacidade de contaminação ambiental” — reforçando a importância de instrumentos legais precisos para garantir a proteção ambiental e a saúde pública.

A modernização promovida pelo Decreto nº 10.936/2022 representa marco essencial na digitalização e integração do sistema. Sua estruturação do Programa Nacional de Logística Reversa (PNLR) e o fortalecimento do SINIR ampliaram a transparência e a rastreabilidade, ainda que os resultados concretos dependam de implementação plena, avaliações periódicas e fortalecimento das capacidades institucionais. Os artigos analisados destacam, de maneira convergente, que os desafios técnicos e econômicos como custos operacionais elevados, baixa densidade de recicladoras e a ausência de incentivos fiscais continuam sendo barreiras críticas.

A educação ambiental emergiu como eixo central na consolidação do sistema. Estudos demonstram que a conscientização social é capaz de alterar comportamentos e fortalecer a participação cidadã. Como afirma Souza (2011, p. 89): “A mudança de comportamento do consumidor depende diretamente da informação ambiental e da percepção do risco associado ao descarte inadequado.”

Essa citação sintetiza a relevância estratégica do componente educativo no fortalecimento da PNRS, demonstrando que políticas ambientais eficazes não se sustentam apenas em leis, mas sim na internalização social das práticas sustentáveis.

As análises convergem para a compreensão de que o horizonte de 20 anos previsto pela PNRS (2010–2030) representa oportunidade crucial para reavaliar metas, aprimorar mecanismos e integrar novos instrumentos tecnológicos e sociais. Para o período pós-2030, destacam-se recomendações essenciais: ampliação da infraestrutura de coleta fora do eixo Sudeste; criação de incentivos econômicos para recicladoras e startups ambientais; fortalecimento dos acordos setoriais com metas específicas; e institucionalização de programas permanentes de educação ambiental atrelados à economia circular.

Conclui-se que a logística reversa de pilhas e baterias deve ser compreendida como política estratégica para o desenvolvimento sustentável, integrando dimensões legais, técnicas, tecnológicas e sociais. A consolidação desse sistema exige governança colaborativa, comunicação efetiva e engajamento contínuo da sociedade. Assim, o ciclo de revisão da PNRS em 2030 não é apenas um marco regulatório, mas uma oportunidade histórica de transformar diretrizes legais em resultados concretos e estruturantes para o país.

O presente estudo adotou uma abordagem predominantemente qualitativa, centrada na evolução legislativa, institucional e comportamental relacionada à logística reversa de pilhas e baterias no Brasil, com ênfase nos desdobramentos decorrentes da Política Nacional de Resíduos Sólidos após 2010. Dessa forma, a análise concentrou-se na interpretação da norma, no entendimento dos mecanismos legais e na leitura das percepções e respostas sociais diante do tema, sem a pretensão de mensurar, neste momento, o desempenho quantitativo do sistema.

Como desdobramento natural desta pesquisa, propõe-se, para trabalhos futuros, a realização de um estudo de caráter quantitativo, especialmente a partir da implementação do Decreto nº 10.936/2022, que trouxe significativa modernização ao sistema ao incorporar ferramentas de informatização, monitoramento digital e rastreabilidade dos resíduos. A consolidação desses instrumentos possibilita, a partir de agora, a construção de análises comparativas entre o período anterior e posterior ao decreto, permitindo avaliar, com base em dados numéricos (consultando outras bases de dados relevantes visando dados quantitativos) e indicadores oficiais, a eficiência e a eficácia do modelo adotado.

Assim, estudos posteriores poderão confrontar a teoria comportamental, histórica e normativa discutida neste trabalho com a realidade prática do recolhimento, tratamento e destinação de pilhas e baterias no país, contribuindo para uma avaliação mais robusta do sistema brasileiro de logística reversa dessa tipologia específica de resíduos perigosos.

REFERÊNCIAS

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Programa ABINEE Recebe Pilhas: Relatório Anual 2017**. São Paulo: ABINEE, 2018. Disponível em: <https://www.abinee.org.br/arquivos/publicacoes/rel2017/files/assets/common/downloads/rel2017.pdf>. Acesso em: 18 out. 2025.

ACCILOY, Gizeli Maria da Cunha et al. Potencial de logística reversa de pilhas e baterias no Tribunal de Justiça de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Sustentabilidade**, v. 7, n. 16, p. 855–872, 2020. ISSN 2359-1412.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei nº 12.305/2010 e institui o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR) e o Programa Nacional de Logística Reversa (PNLR). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 jan. 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm. Acesso em: 18 out. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Regulamenta a Lei nº 12.305/2010 e cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 2010.

BRASIL. **Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017**. Regulamenta dispositivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, assegurando isonomia entre fabricantes, importadores e comerciantes quanto às obrigações da logística reversa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 out. 2017.

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; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 18 out. 2025.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente (MMA)**. Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR): página oficial. Brasília: MMA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/sistema-nacional-de-informacoes-sobre-a-gestao-de-residuos-solidos-sinir>. Acesso em: 18 out. 2025.

CIBIN, Eduark Gava et al. Logística reversa de pilhas e baterias nos principais comércios do município de Alfredo Chaves – ES. **Revista Intellectto**, v. 2, n. 3, 2017. DOI: 10.17648/intellectto-2525-9075-v2-n3-05.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 257, de 30 de junho de 1999**. Dispõe sobre o descarte e o gerenciamento de pilhas e baterias usadas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 jul. 1999.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008**. Estabelece limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio e critérios de gerenciamento ambiental para pilhas e baterias. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 nov. 2008.

COSTA, J. P. **Hábitos da população no manejo de resíduos sólidos domiciliares**. Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2016.

FARIAS, J. M. **Ecoeficiência, logística reversa e reciclagem de pilhas e baterias**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2016.

FERREIRA, A. L. et al. **Logística reversa: análise de processos implementados**. Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC Campinas), Campinas, 2014.

GOMES, L. R. **A eletroquímica como fonte de energia no cotidiano do ser humano**. Companhia Brasileira de Produção Científica, São Paulo, 2020.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LIMA, Anna Flávia de Oliveira et al. Gestão de resíduos eletroeletrônicos e seus impactos na poluição ambiental. **Latin American Journal of Business Management**, v. 6, n. 2, 2015.

LIZARELLI, Fabiane Letícia; MILANO, Camila Bonelli de. Mapeamento da logística reversa de pilhas e baterias: estudo de caso de um projeto proposto por uma instituição bancária.

GEPros – Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 9, n. 1, 2014. DOI: 10.15675/gepros.v9i1.1146.

MEDEIROS, Rafaella de Moura et al. Análise da implementação da logística reversa em municípios de pequeno porte na Paraíba, Brasil. **Revista Semiárido de Visu**, v. 11, n. 1, 2023. DOI: 10.31416/rsdv.v11i1.429.

MENDES, Henrique Manoel Riani; RUIZ, Mauro Silva; FARIAS, Ana Cristina de. Logística reversa de pilhas e baterias: revisão e análise de um sistema implementado no Brasil. **Revista de Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 2016.

MENDES, T. L. **Extensão universitária: promovendo ações de incentivo e divulgação da logística reversa em escola de ensino fundamental em Imperatriz (MA)**. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2024.

MOURA, G. R.; SANTOS, M. F. **Sistemas de logística reversa de pneus, pilhas e baterias implantados no Brasil: uma análise comparativa**. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2020.

OLIVEIRA, P. C. **A influência da comunicação organizacional para viabilização da logística reversa: um recorte do setor de pilhas e baterias**. Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS), São Caetano do Sul, 2024.

OLIVEIRA, Priscila Sales; LIMA, Henrique Pontes de. Logística reversa do pós-consumo em empresas na zona sul da capital paulista coletoras de pilhas e baterias. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, n. 2, 2015. DOI: 10.19177/rgsa.v4e22015194-208.

SUZAQUIM. **Suzano Química Indústria e Comércio Ltda**. Disponível em: <https://suzaquim.com.br/>. Acesso em: 18 out. 2025.