



**Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia
de Produção (SAEPRO) da EEL-USP**

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

**Avaliação de Referências Internacionais como Subsídio à Identificação
de Lacunas Técnicas e Regulatórias e ao Aprimoramento da Logística
Reversa no Brasil**

**Assessment of International References as Input for the Identification
of Technical and Regulatory Gaps and for the Improvement of
Reverse Logistics in Brazil**

**Evaluación de Referencias Internacionales como Base para la
Identificación de Lagunas Técnicas y Regulatorias y el
Perfeccionamiento de la Logística Inversa en Brasil**

Marcello Devincentis

CEETEPS - Unidade de Pós-Graduação (marcello_devincentis@yahoo.com.br)

Fabício Soler

Universidade Católica de Santos (fabiciosoler@s2fp.com.br)

Francisco del Moral Hernandez

CEETEPS - Unidade de Pós-Graduação (francisco.hernandez@cpspos.sp.gov.br)

Resumo

Este artigo avalia referências internacionais em Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) e Logística Reversa (LR) com o objetivo de identificar lacunas técnicas e regulatórias e propor subsídios para o aprimoramento do sistema brasileiro de gestão de resíduos. Adotou-se uma abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, fundamentada em análise documental e comparativa de diretrizes e experiências de organismos internacionais como OCDE, Comissão Europeia, Ellen MacArthur Foundation, GIZ, WIEGO e PREVENT Waste Alliance. Os resultados evidenciam que, embora o Brasil



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

possua um arcabouço normativo robusto, consolidado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), seus decretos complementares e acordos setoriais, persistem lacunas relacionadas ao financiamento contínuo e suficiente, à eco-modulação de taxas, à transparência e harmonização de relatórios e à inclusão estruturada do setor informal. As experiências internacionais demonstram que o fortalecimento da governança, a digitalização da rastreabilidade e a formalização socialmente justa são elementos essenciais para a eficácia dos sistemas de EPR. Conclui-se que o aprimoramento da LR no Brasil depende da convergência entre inovação, regulação e inclusão social, como base para uma economia circular justa e sustentável.

Palavras-chave: Logística Reversa, Responsabilidade Estendida do Produtor, Economia Circular, Política Nacional de Resíduos Sólidos, Governança Ambiental

Abstract

This article evaluates international references on Extended Producer Responsibility (EPR) and Reverse Logistics (RL) to identify technical and regulatory gaps and propose recommendations for improving the Brazilian waste management system. A qualitative, exploratory, and descriptive approach was adopted, based on documentary and comparative analysis of guidelines and experiences from international organizations such as the OECD, European Commission, Ellen MacArthur Foundation, GIZ, WIEGO, and the PREVENT Waste Alliance. The results show that, although Brazil has a robust regulatory framework, consolidated by the National Solid Waste Policy (Law No. 12.305/2010), its complementary decrees, and sectoral agreements, gaps remain regarding continuous and sufficient financing, eco-modulated fees, transparency and harmonization of reporting, and the structured inclusion of the informal sector. International experiences demonstrate that strengthening governance, digital traceability, and socially just formalization are essential elements for the effectiveness of EPR systems. It is concluded that improving RL in Brazil depends on the convergence of innovation, regulation, and social inclusion as the foundation for a fair and sustainable circular economy.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Keywords: Reverse Logistics; Extended Producer Responsibility; Circular Economy; National Solid Waste Policy; Environmental Governance.

Resumen

Este artículo evalúa referencias internacionales sobre la Responsabilidad Extendida del Productor (EPR) y la Logística Inversa (LI) con el objetivo de identificar brechas técnicas y regulatorias y proponer recomendaciones para el fortalecimiento del sistema brasileño de gestión de residuos. Se adoptó un enfoque cualitativo, exploratorio y descriptivo, basado en el análisis documental y comparativo de directrices y experiencias de organismos internacionales como la OCDE, la Comisión Europea, la Fundación Ellen MacArthur, la GIZ, la WIEGO y la PREVENT Waste Alliance. Los resultados muestran que, aunque Brasil posee un marco normativo sólido, consolidado por la Política Nacional de Residuos Sólidos (Ley N.º 12.305/2010), sus decretos complementarios y acuerdos sectoriales, persisten vacíos relacionados con el financiamiento continuo y suficiente, la eco-modulación de tasas, la transparencia y armonización de los informes y la inclusión estructurada del sector informal. Las experiencias internacionales demuestran que el fortalecimiento de la gobernanza, la digitalización de la trazabilidad y la formalización socialmente justa son elementos esenciales para la eficacia de los sistemas de EPR. Se concluye que el perfeccionamiento de la LI en Brasil depende de la convergencia entre innovación, regulación e inclusión social, como base para una economía circular justa y sostenible.

Palabras clave: Logística Inversa; Responsabilidad Extendida del Productor; Economía Circular; Política Nacional de Residuos Sólidos; Gobernanza Ambiental



1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação global com a sustentabilidade e a transição para uma economia circular têm impulsionado a reformulação dos sistemas produtivos e de consumo. Estima-se que cerca de dois bilhões de pessoas em todo o mundo ainda não tenham acesso a serviços organizados de coleta de resíduos sólidos, número que pode dobrar até 2040, caso medidas estruturais não sejam adotadas (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021). Esse cenário evidencia a urgência de modelos de gestão mais sustentáveis e integrados, capazes de reduzir o desperdício de materiais e a pressão sobre os recursos naturais.

Nesse contexto, a Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece princípios, objetivos e instrumentos voltados à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos. Destacam-se, para os fins deste estudo, dois instrumentos centrais: a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, que envolve fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e o poder público na minimização de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos; e outro é a logística reversa, conceituada como instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

No cenário internacional, é amplamente adotada a Responsabilidade Estendida do Produtor (*Extended Producer Responsibility* – EPR), segundo a qual fabricantes e importadores assumem a responsabilidade pela coleta, reciclagem ou destinação final de produtos e suas embalagens após o consumo. Os sistemas de logística reversa (SLR) e a EPR têm evoluído como ferramentas estratégicas fundamentais no enfrentamento dos impactos ambientais decorrentes do consumo e descarte de produtos e embalagens. Esses instrumentos visam, em suma, assegurar que fabricantes, importadores, distribuidores e

comerciantes assumam a responsabilidade financeira e/ou operacional pelo ciclo de vida completo de seus produtos, incluindo a fase pós-consumo (OECD,2024).

O contexto global demonstra avanços significativos na consolidação de modelos de EPR, especialmente na União Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2014), América do Norte e partes da Ásia. Experiências documentadas pela Comissão Europeia (2014), pela OCDE (2016; 2024) e por organizações como a Ellen MacArthur Foundation (2021) demonstram a maturidade de diferentes estruturas regulatórias, instrumentos econômicos e mecanismos de governança aplicados à gestão de resíduos, especialmente no que diz respeito à circularidade. Países como Alemanha e Índia (WIEGO, 2022; GIZ, 2021) mostram que políticas públicas consistentes, combinadas ao engajamento dos diversos atores da cadeia de valor, aumentam significativamente os índices de coleta e reciclagem, promovendo também a inclusão socioeconômica de catadores e outros agentes informais.

No Brasil, a PNRS já fornece a base legal para a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e os sistemas de logística reversa. No entanto, diante da complexidade do tema e da diversidade de arranjos setoriais e regionais, existem oportunidades de aprimoramento nos aspectos relacionados à governança, à cobertura, ao monitoramento e à articulação entre os diversos atores obrigados envolvidos na cadeia de retorno e destinação final ambientalmente adequada. Nesse contexto, a análise das boas práticas internacionais torna-se especialmente valiosa para orientar eventuais aprimoramentos dos instrumentos regulatórios e operacionais no país.

A crescente geração de resíduos sólidos, especialmente de embalagens (PREVENT WASTE ALLIANCE, 2024) e eletroeletrônicos (WEEE FORUM, 2021), impõe um desafio à sustentabilidade e a Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) surge como um instrumento importante na transição para uma economia circular, sendo reconhecida internacionalmente como a abordagem mais eficaz para garantir a destinação adequada de produtos pós-consumo (OECD, 2024).

Este estudo abrange uma variedade de materiais de referência, incluindo guias de organizações internacionais como a OCDE (2016, 2024), a Comissão Europeia (2014) e a Fundação Ellen MacArthur (2021), bem como ferramentas e estudos de caso que

ilustram a aplicação prática da ERP em diferentes contextos (PREVENT, 2024; WIEGO, 2022; WRAP, 2021; GIZ, 2021), e apresenta uma avaliação das principais tendências, conceitos e experiências internacionais em SLR e EPR, com foco em boas práticas, inovações e lições aprendidas. A intenção é oferecer uma base técnica qualificada que sirva de referência para eventuais aprimoramentos regulatórios, fortalecimento institucional e melhorias aplicáveis ao contexto brasileiro.

A implementação de sistemas de logística reversa está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas, em especial ao ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), que busca reduzir substancialmente a geração de resíduos e promover o gerenciamento ambientalmente adequado de produtos químicos e resíduos (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015). O estudo também contribui para os ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) e ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), ao propor diretrizes que fortaleçam a infraestrutura industrial e urbana sob uma perspectiva sustentável.

Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU



Fonte: Adaptado de Organização das Nações Unidas (s.d.), via Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030 (s.d.). Disponível em: <https://gtagenda2030.org.br/ods/>. Acesso em: 22 jun. 2025.

Considerando a importância estratégica da logística reversa para a sustentabilidade e a necessidade de aprimorar os instrumentos regulatórios, este estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa:

De que forma a avaliação de referências internacionais em Logística Reversa e Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) pode subsidiar a identificação de lacunas técnicas e regulatórias e o aprimoramento do sistema brasileiro de logística reversa?

Ao responder a essa questão, o estudo pretende oferecer subsídios técnicos e estratégicos que contribuam para o aprimoramento do sistema nacional de gestão de resíduos e logística reversa, alinhando o Brasil às melhores práticas internacionais e ao avanço da economia circular.

O objetivo geral deste estudo é fornecer massa crítica e elementos comparativos que apoiem a identificação de lacunas e potencialidades nos sistemas brasileiros de logística reversa, com base na análise de referências e experiências internacionais em Logística Reversa (LR) e Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR).

Especificamente, busca-se:

- (i) mapear e sistematizar diretrizes e boas práticas internacionais;
- (ii) analisar o arcabouço normativo e institucional brasileiro; e
- (iii) identificar lacunas técnicas e regulatórias nos sistemas de logística reversa nacionais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Princípios Fundamentais da Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR)

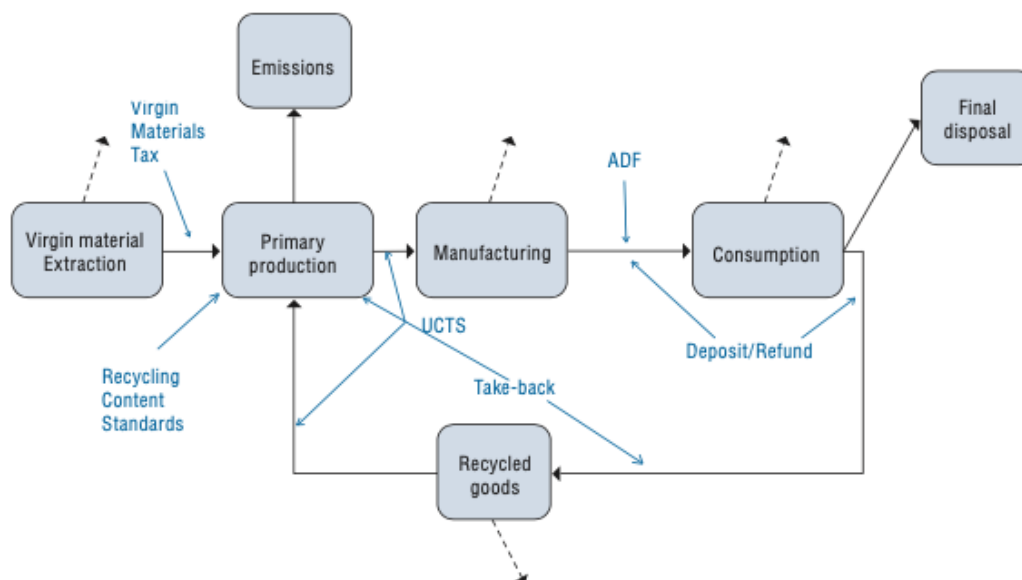
A Responsabilidade Estendida do Produtor (*Extended Producer Responsibility* – EPR) constitui um dos principais instrumentos de política ambiental adotados internacionalmente para promover a gestão sustentável de produtos pós-consumo. Baseia-se no princípio do poluidor-pagador, estendendo a responsabilidade dos produtores e importadores pela destinação adequada dos produtos após o consumo, seja de forma física, financeira ou organizacional (OECD, 2016; OECD, 2024).

De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a EPR busca internalizar os custos ambientais e sociais da gestão de resíduos no preço do produto, criando incentivos para o *ecodesign*, a redução de resíduos, o

reaproveitamento de materiais, a redução de externalidades negativas e o fechamento dos ciclos de materiais (OECD, 2024).

A Figura 2, elaborada pela OCDE, ilustra os principais instrumentos de política associados à EPR distribuídos ao longo do ciclo de vida de um produto, destacando as interações entre extração de matéria-prima, produção, consumo e reintegração dos materiais reciclados ao sistema produtivo.

Figura 2: Instrumentos de política de EPR ao longo do ciclo de vida do produto



Note: ADF > Advance disposal fee; UCTS > Upstream combination tax/subsidy

Source: OECD (2013), *What have we learned about extended producer responsibility in the past decade? – A survey of the recent EPR economic literature*, Paris

Fonte: OCDE (2016)

A figura evidencia que as políticas de EPR podem ser aplicadas em diferentes etapas do ciclo de vida dos produtos, utilizando instrumentos econômicos, regulatórios e informacionais que se complementam. De acordo com o relatório da OCDE (2016), as principais categorias de instrumentos são:

- Requisitos de Retorno do Produto (*Product Take-Back Requirements*): atribuem aos produtores ou varejistas a responsabilidade pela gestão do produto em sua fase pós-consumo. A implementação pode ocorrer por meio de metas de coleta e reciclagem,

obrigatórias ou voluntárias, e de incentivos para que consumidores retornem produtos usados a pontos de coleta específicos.

- Instrumentos Econômicos e de Mercado: criam incentivos financeiros para fomentar a adoção da EPR. Incluem:
 - Sistema de Depósito-Reembolso (*Deposit-Refund*): pagamento realizado no momento da compra, reembolsável quando o produto é devolvido;
 - Taxas de Descarte Antecipado (*Advanced Disposal Fees – ADF*): cobrança aplicada na compra, baseada no custo estimado de coleta e tratamento pós-consumo;
 - Tributos sobre Materiais: impostos aplicados a matérias-primas virgens ou tóxicas, incentivando o uso de materiais reciclados;
 - Tributo/Subsídio Combinado a Montante (*Upstream Combination Tax/Subsidy – UCTS*): mecanismo de tributação sobre produtores revertido em subsídios para o tratamento e reaproveitamento de resíduos.
- Regulamentações e Padrões de Desempenho: estabelecem requisitos como conteúdo reciclado mínimo ou metas de desempenho ambiental, podendo ser obrigatórios ou voluntários. Quando combinados com incentivos econômicos, reforçam o estímulo ao redesenho de produtos e à inovação tecnológica.
- Instrumentos Baseados em Informação: abrangem medidas voltadas à transparência e conscientização, como rotulagem ambiental, campanhas educativas e exigências de comunicação ao consumidor e recicladores sobre os materiais utilizados.

Esses instrumentos, quando aplicados de forma coordenada, permitem o desenvolvimento de sistemas de logística reversa (SLR) economicamente viáveis.

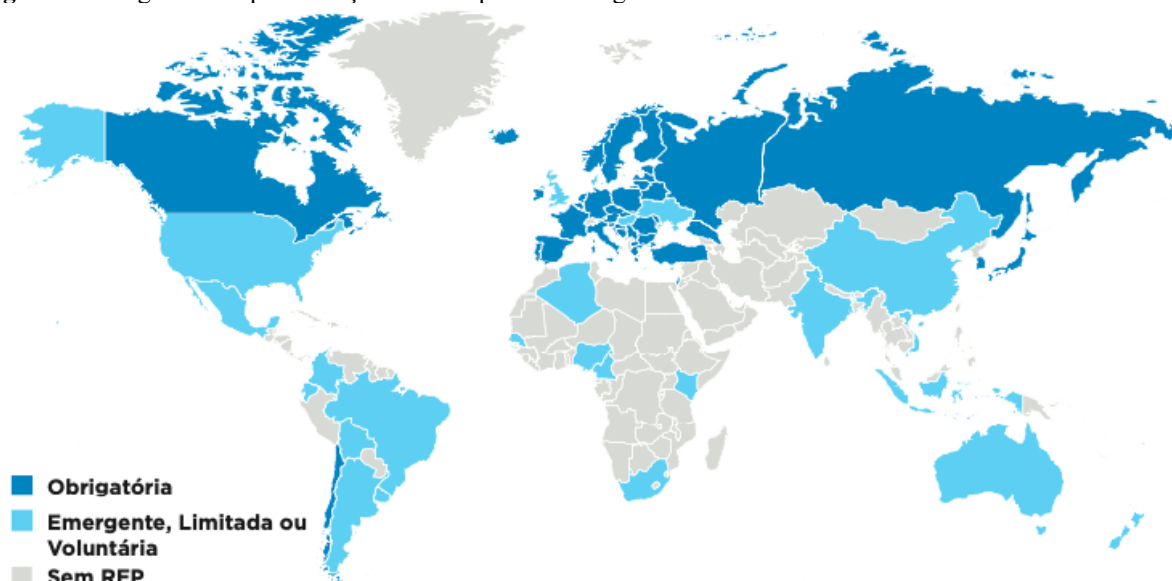
A publicação da Ellen MacArthur Foundation (2021) destaca que os países podem ser classificados em diferentes estágios de maturidade em relação à implementação da EPR para embalagens:

- Emergente, quando há legislação geral de resíduos que prevê a introdução da EPR;
- Limitada, quando os esquemas existentes possuem escopo restrito ou cobertura geográfica parcial;

- Voluntária, quando não há obrigatoriedade legal, e apenas parte das empresas participa.

Essa categorização é ilustrada no mapa da Figura 3, que apresenta uma visão comparativa da situação global da EPR para embalagens.

Figura 3: Estágios de Implementação da EPR para Embalagens no Mundo



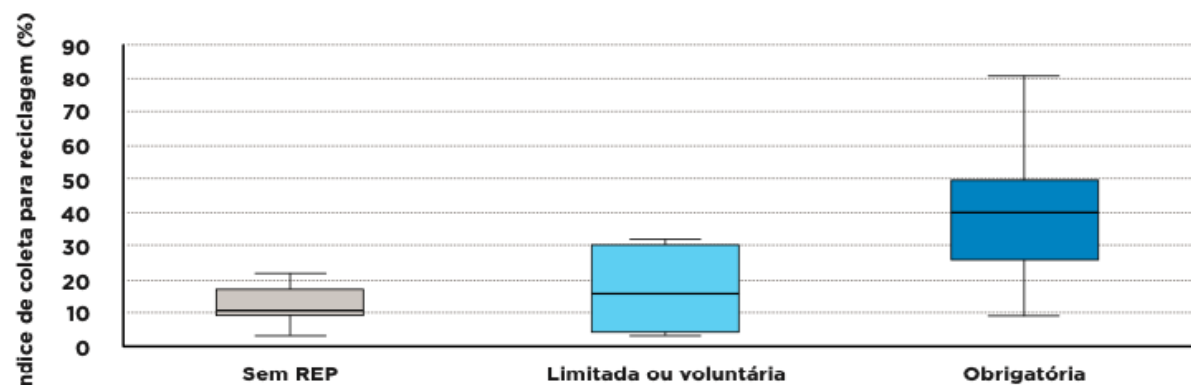
Fonte: Ellen MacArthur Foundation (2021)

Outro fator apresentado pela publicação, é que a EPR desempenha um papel fundamental na promoção da economia circular. Embora não seja suficiente por si só para eliminar resíduos e poluição, ela é uma parte necessária e vital da solução, que deve ser complementada por um conjunto mais amplo de políticas e ações da indústria. A forma como os esquemas de EPR são elaborados e implementados está diretamente ligada à sua eficácia.

Considerando as embalagens de plástico, por exemplo, uma diferença clara nos índices de coleta para reciclagem pode ser observada em países com ou sem esquemas obrigatórios de EPR para embalagens (Figura 4). Embora muitos fatores influenciem o índice de coleta para reciclagem de um país, a figura mostra que, em média, os países com esquemas de EPR obrigatórios tendem a atingir um índice de coleta para reciclagem mais alto (~40%) do que os países sem EPR (~10%) ou com apenas EPR limitada ou

voluntária (~15%) em vigor. Essa disparidade evidencia a necessidade de políticas eficazes como a EPR (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

Figura 4 – Índices nacionais de coleta para reciclagem de embalagens plásticas, demonstrando a influência de esquemas de EPR obrigatórios, limitados/voluntários ou inexistentes.



Fonte: Ellen MacArthur Foundation (2021)

A principal justificativa para a implementação de esquemas de EPR, especialmente os obrigatórios e baseados em taxas, reside na necessidade de garantir financiamento dedicado, contínuo e suficiente para a coleta, triagem e processamento de produtos e embalagens pós-consumo. O processo de coleta, triagem e reciclagem de embalagens geralmente tem um custo líquido, ou seja, custa mais do que a receita gerada pela venda dos materiais reciclados. Esse custo líquido é uma barreira fundamental para mobilizar os investimentos necessários em infraestrutura (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

2.2. Modelos de Implementação e de financiamento

Os modelos de financiamento são um dos pilares da EPR, determinando a sustentabilidade econômica dos sistemas de logística reversa (SLR).

Segundo a OCDE (2024), existem dois arranjos predominantes: o modelo coletivo, entidades criadas e geridas pelos próprios produtores, e o modelo individual, no qual empresas implementam seus próprios sistemas de coleta e tratamento.

O modelo coletivo é baseado em Organizações de Responsabilidade do Produtor (*Producer Responsibility Organizations* - PRO), que consistem em uma pessoa jurídica

que organiza a conformidade dos produtores com as obrigações e/ou metas de EPR, tanto operacionalmente quanto financeiramente. No contexto de esquemas coletivos, a PRO administra produtos e embalagens após o uso em nome das empresas aderentes e coordena as atividades necessárias (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021). No Brasil a PRO é denominado Entidade Gestora, pessoa jurídica responsável por implementar, estruturar e operacionalizar sistemas de logística reversa no modelo coletivo.

Um dos aspectos mais críticos e frequentemente debatidos da implementação da EPR é o seu mecanismo de financiamento (OECD, 2016). A coleta, triagem e reciclagem de embalagens, na maioria dos contextos e para quase todos os formatos, têm um custo líquido que precisa ser coberto (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

As fontes, particularmente a Fundação Ellen MacArthur (2021), argumentam que esquemas de EPR obrigatórios e baseados em taxas representam o único caminho comprovado e provável para garantir o financiamento necessário para aumentar a escala da coleta, triagem e reciclagem de embalagens na proporção exigida. Este financiamento deve possuir três atributos essenciais:

- **Dedicado:** Os fundos devem ser reservados especificamente para o tratamento das embalagens após o uso e atividades relacionadas, conforme definido na legislação e nas responsabilidades da PRO.
- **Contínuo:** O financiamento deve ser constante ao longo do tempo, pois a maior parte do custo líquido para circular materiais são despesas operacionais recorrentes.
- **Suficiente:** O financiamento deve ser adequado para cobrir o escopo definido de atividades e cumprir os objetivos estabelecidos. Deve cobrir o custo líquido da coleta, triagem e processamento, evoluindo conforme o custo real para atingir os resultados regulamentados.

Alternativas como financiamento proveniente de orçamentos públicos gerais ou contribuições voluntárias são consideradas insuficientes para garantir esses três atributos em escala, especialmente a longo prazo. O financiamento público tende a não ser continuamente dedicado ou suficiente. As contribuições voluntárias, embora possam ser

dedicadas, não são contínuas ou prováveis de serem suficientes. Portanto, a EPR baseada em taxas é vista como uma parte necessária do financiamento para cobrir a maior parte do custo líquido total (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

Nos países da União Europeia, a eco-modulação das taxas é amplamente aplicada, produtos com maior reciclabilidade ou conteúdo reciclado pagam taxas menores, estimulando a inovação e o design sustentável (EUROPEAN COMMISSION, 2014). Esse instrumento vem sendo considerado referência internacional para políticas de incentivo à circularidade. A compreensão dos modelos de financiamento e governança é essencial para o delineamento de instrumentos eficazes de política pública, *ecodesign* e inclusão social.

A Comissão Europeia (2014) consolidou oito princípios orientadores para o desenho de sistemas eficazes de EPR, que têm servido de referência para a formulação de políticas nacionais e regionais. Esses princípios incluem: (i) definição clara de objetivos e responsabilidades; (ii) cobertura total dos custos e aplicação do princípio do custo real de fim de vida útil; (iii) promoção da concorrência justa; (iv) transparência nos fluxos financeiros e de materiais; (v) harmonização de relatórios; e (vi) monitoramento e vigilância contínuos.

2.3 Governança, Fiscalização e Elementos Chave

A eficácia de qualquer Sistema de Logística Reversa (SLR) e de Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) é determinada pela sua estrutura de governança, pelos mecanismos de monitoramento e fiscalização e pela forma como interage com a realidade socioeconômica local. Um desenho de esquema bem-sucedido deve evitar riscos como a falta de fiscalização e o oportunismo (*free-riding*), bem como mitigar impactos ambientais limitados.

Uma estrutura legal a nível nacional é um requisito fundamental para a implementação bem-sucedida da EPR obrigatória. Esta estrutura deve definir claramente os papéis e responsabilidades de todos os atores envolvidos (OECD, 2016, 2024). Os principais atores e seus papéis incluem:

- **Produtores/Empresas Obrigadas (fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes):** Responsáveis por financiar o custo de fim de vida dos seus produtos e cumprir as obrigações da EPR, geralmente aderindo a uma PRO. São os pagadores das taxas de embalagens.
- **Organizações de Responsabilidade do Produtor (PRO):** Implementam o princípio da EPR em nome das empresas aderentes, coordenando atividades de coleta, triagem e processamento, financiando atividades com os fundos dos produtores, e fornecendo evidências de conformidade às autoridades.
- **Autoridades Governamentais:** Responsáveis por estabelecer o quadro regulatório, definir objetivos e metas, autorizar/acreditar PRO, garantir a fiscalização e cumprimento das obrigações, e, em alguns casos, gerir fundos ou infraestruturas complementares. Devem cooperar com a indústria para estabelecer sistemas de monitoramento. É recomendado que uma entidade independente ou autoridade pública supervisione a implementação. As autoridades não devem microgerir as PRO, mas sim garantir que objetivos e metas sejam definidos e monitorados.
- **Municípios/Autoridades Locais:** Podem estar envolvidos na coleta e gestão de resíduos, por vezes em contrato com as PRO. Em alguns sistemas, recebem parte dos fundos gerados pela EPR para cobrir custos de gestão de resíduos domésticos.
- **Operadores de Gestão de Resíduos (Coletores, Triadores, Recicladores):** Realizam as operações físicas de coleta, triagem e processamento. As PRO geralmente contratam ou registram esses provedores de serviços. Licitações públicas podem ser consideradas obrigatórias para operações em alguns contextos.
- **Setor Informal:** Reconhecido como um ator importante, especialmente em países de baixa e média renda. A inclusão do setor informal de forma a garantir uma transição justa é uma questão importante a ser resolvida no planejamento de esquemas de EPR, especialmente onde não existem sistemas formais de coleta.
- **Consumidores/Cidadãos:** Responsáveis por participar dos sistemas de coleta seletiva. Idealmente, o custo do tratamento de fim de vida deveria ser internalizado no preço do produto e pago pelos consumidores.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

As fontes analisadas identificam elementos-chave de concepção e implementação essenciais para a eficácia dos esquemas de Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR). A experiência europeia demonstra que sistemas bem estruturados combinam definições claras de objetivos, papéis e responsabilidades, assegurando a coordenação entre produtores, autoridades públicas, operadores e o setor informal (OECD, 2016, 2024).

Um financiamento adequado é fundamental: as taxas pagas pelos produtores devem refletir os custos reais de coleta e tratamento, garantindo cobertura financeira contínua e suficiente, o chamado princípio do custo verdadeiro. A eficiência operacional depende de uma PRO bem estruturada, que coordene coleta, triagem e reciclagem, promovendo inovação e evitando sobreposição de esforços.

A concorrência justa e a transparência dos fluxos de materiais e financeiros são igualmente essenciais, sustentadas por mecanismos de monitoramento e relatórios padronizados, que permitem decisões baseadas em dados e reduzem práticas oportunistas (*free-riding*). Além disso, políticas de *ecodesign* e modulação ecológica de taxas fortalecem a prevenção de resíduos e estimulam a circularidade na origem (EUROPEAN COMMISSION, 2014; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

A fiscalização efetiva e a inclusão socialmente justa completam a estrutura de governança. Em países de baixa e média renda, como o Brasil, a integração de catadores e cooperativas ao sistema formal de logística reversa é essencial para sua legitimidade e efetividade (WIEGO, 2022). A EPR deve ser entendida como parte de uma estratégia mais ampla de economia circular, articulada com políticas de inovação, infraestrutura e capacitação (GIZ, 2021; PREVENT WASTE ALLIANCE, 2024).

Experiências internacionais, como as da Ellen MacArthur Foundation (2021), evidenciam que a integração entre EPR e *ecodesign* é determinante para o sucesso da circularidade, exigindo medidas complementares de prevenção na origem e cooperação entre cadeias produtivas. As diretrizes da PREVENT Waste Alliance (2024) e da GIZ (2021) reforçam ainda a importância da rastreabilidade digital, ferramenta que permite monitorar o

percurso dos resíduos e comprovar o cumprimento de metas, promovendo transparência, comparabilidade e credibilidade dos resultados.

2.5 Panorama Nacional do Sistema de Logística Reversa (SLR)

O pilar central da gestão de resíduos no país é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal nº 12.305/2010. A PNRS estabeleceu diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Um dos instrumentos da PNRS é a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, definida como um conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas que visa minimizar o volume de resíduos sólidos e reduzir os impactos à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos. Essa responsabilidade abrange fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana (SOLER; SILVA, 2019).

A responsabilidade compartilhada impõe ao setor empresarial (fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes) obrigações que incluem:

- Investir no desenvolvimento, na fabricação e na colocação no mercado de produtos que sejam aptos à reutilização, à reciclagem ou a outra forma de destinação ambientalmente adequada.
- Divulgar informações relativas às formas de evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados aos seus produtos.
- Realizar o recolhimento dos produtos e dos resíduos remanescentes após o uso (Logística Reversa), bem como sua subsequente destinação final ambientalmente adequada.

A Logística Reversa é conceituada pela PNRS como um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações e procedimentos destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. O SLR é obrigatório para fluxos de produtos específicos, de forma independente do serviço público de limpeza urbana, sendo eles:



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

- Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens.
- Pilhas e baterias.
- Pneus.
- Óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens.
- Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista.
- Produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Ademais, a SLR pode ser estendida a outros produtos e embalagens, como embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e outros produtos e embalagens, considerando a viabilidade técnica e econômica da logística reversa e o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente.

A implementação e operacionalização dos SLR serão feitas por meio dos seguintes instrumentos: acordo setorial (ato de natureza contratual entre Poder Público e o setor empresarial), regulamento editado pelo Poder Público (como decreto federal, precedido de consulta pública), ou termo de compromisso.

O setor empresarial deve estruturar, implementar e operar os sistemas de logística reversa e assegurar a sustentabilidade econômico-financeira da logística reversa. As empresas podem adotar múltiplas soluções para o retorno dos produtos (BRASIL, 2010; BRASIL, 2023), incluindo:

- Implantar procedimentos de compra de produtos ou embalagens usadas.
- Disponibilizar postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis (PEV).
- Atuar em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadoras e catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, nos casos de produtos comercializados em embalagens.
- Utilizar instrumentos de comprovação, como o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa (CCRLR), o Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral (CERE) e o Certificado de Crédito de Massa Futura.
- Os sistemas de logística reversa podem ser implementados por meio de modelos coletivo ou individual.

- **Modelo Coletivo:** Implementado por uma Entidade Gestora, que é a pessoa jurídica responsável por implementar, estruturar e operacionalizar o sistema de logística reversa em modelo coletivo. As Entidades Gestoras são equivalentes às Organizações de Responsabilidade do Produtor (PRO) internacionais. Por vezes, os órgãos ambientais demonstram certa predileção pelo modelo coletivo em detrimento do individual.
- **Modelo Individual:** Ocorre quando a empresa não adere ao modelo coletivo e incorpora, em sua própria organização, a estruturação e operacionalização de seu SLR.

A Entidade Gestora (no coletivo) ou a empresa (no individual) compete: administrar a estruturação e a operacionalização do sistema, divulgar a implementação e os resultados obtidos, e desenvolver e executar plano de comunicação para a conscientização dos consumidores.

A conformidade e a rastreabilidade dos resultados dos SLR no Brasil são rigorosamente disciplinadas. As Entidades Gestoras e as empresas devem:

1. Considerar a confirmação do recebimento da massa declarada pelo destinador final, por meio do Certificado de Destinação Final emitido pelo Sistema Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) do SINIR (SOLER; FARIAS, 2023).
2. Comprovar a veracidade, autenticidade, unicidade e não colidência das notas fiscais eletrônicas (NF-e) de comercialização de produtos recicláveis, emitidas pelo operador (incluindo cooperativas, associações de catadores, agentes de reciclagem e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana) (SOLER; FARIAS, 2023).

A comprovação por NF-e é homologada por um verificador de resultados, que é uma pessoa jurídica de direito privado, homologada e fiscalizada pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). O verificador é competente, entre outras atribuições, para garantir consistência, adicionalidade, independência e isenção nos resultados.

O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) é o sistema coordenado pelo MMA que coleta e sistematiza dados de gestão de resíduos,

incluindo os sistemas de logística reversa, promovendo o monitoramento, a fiscalização e a avaliação da eficiência da gestão.

O SLR é operacionalizado por meio de entidades gestoras específicas para cada fluxo de produto ou embalagem, como sintetizado no Quadro 1, abrangendo:

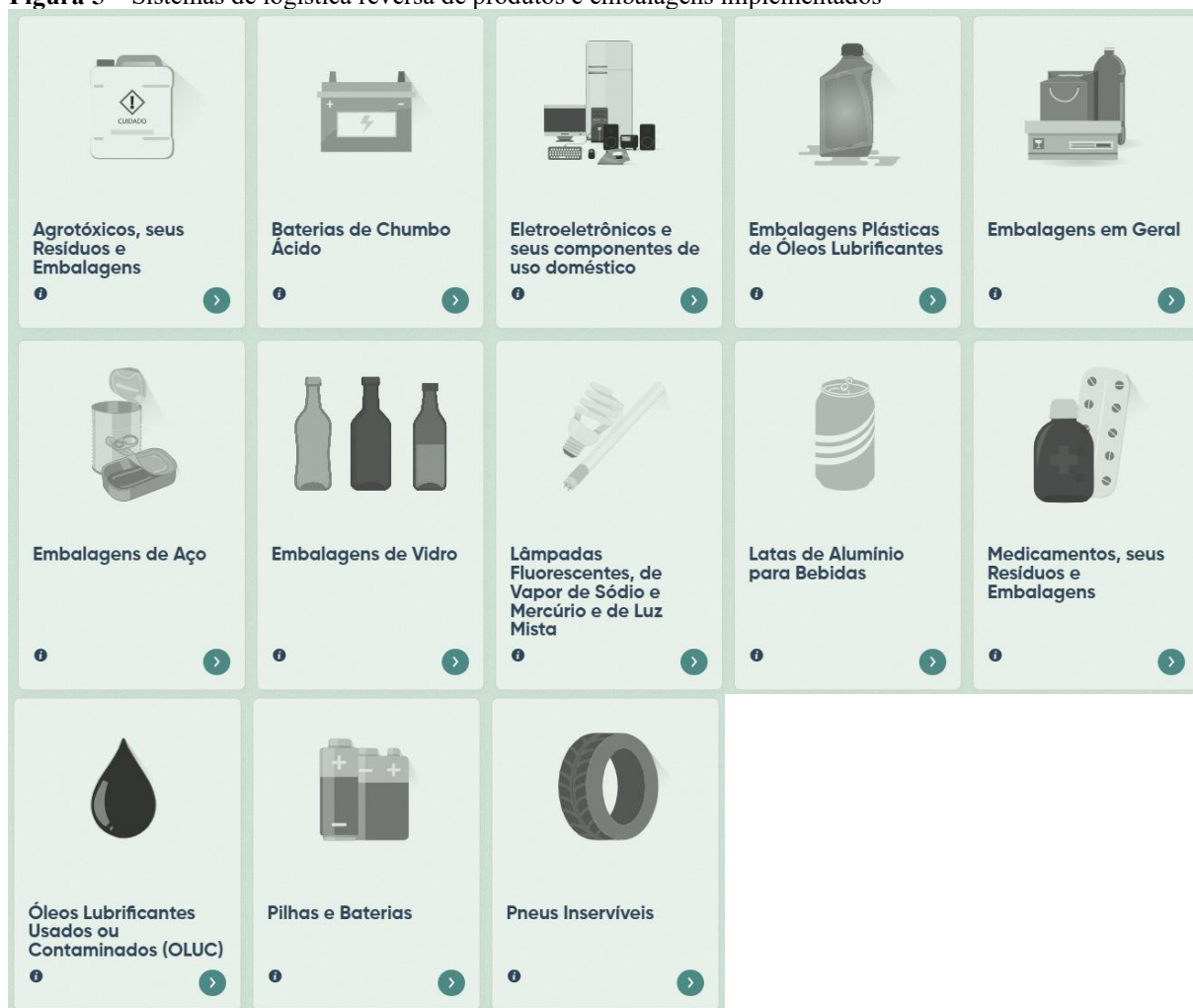
Quadro 1: Panorama Federal dos SLR por Produto e Embalagem

Produtos e Embalagens	Instrumentos	Entidades Gestoras
Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens	Lei nº 14.785, de 2023 (*) e decreto nº 4.074, de 2002.	Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias - inpEV
Baterias de chumbo ácido	Resolução Conama nº 401, de 2008 e Acordo Setorial (2019)	Instituto Brasileiro de Energia Reciclável - IBER
Eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico	Acordo Setorial (2019) e decreto nº 10.240, de 2020	Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos - Abree
		Gestora para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos Nacional - Green Eletron
Embalagens plásticas de óleos lubrificantes	Acordo Setorial (2013)	Instituto Jogue Limpo
Embalagens em geral	Acordo Setorial (2015) e decreto nº 11.413, de 2023	Instituto Rever, ABIHPEC (Mãos pro Futuro), Prolata, Circular Vidro, Pragma, Polen, Instituto Giro, Ambipar, Faccio entre outras (**)
Embalagens de aço	Termo de Compromisso (2018)	Prolata Recicladores Associados - Prolata
Embalagens de vidro	decreto nº 11.300, de 2022	Associação Brasileira Gestora da Logística Reversa de Embalagens de Vidro - Circula Vidro
Lâmpadas Fluorescentes, de Vapor de Sódio e Mercúrio e de Luz Mista	Acordo Setorial (2014)	Associação Brasileira para Gestão da Logística Reversa de Produtos de Iluminação - Reciclus
Latas de Alumínio para Bebidas	Termo de Compromisso (2020)	Associação Gestora do Programa de Aperfeiçoamento do Sistema de Logística Reversa da Lata de Alumínio Para Bebidas - Recicla Latas
Medicamentos domiciliares de uso humano e suas embalagens	Decreto nº 10.388, de 2020	LogMed (***)
Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados (OLUC)	Resolução Conama nº 362, de 2005	Empresas coletoras autorizadas junto à (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP
Pilhas e baterias	Resolução Conama nº 401, de 2008	Gestora para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos Nacional - Green Eletron
Pneus inservíveis	Resolução Conama nº 416, de 2009	Associação Reciclanip

Fonte: Autores

A Figura 5 apresenta uma visão consolidada dos sistemas de logística reversa em operação no Brasil, evidenciando os fluxos de retorno, as obrigações dos atores envolvidos e os instrumentos de comprovação implementados.

Figura 5 – Sistemas de logística reversa de produtos e embalagens implementados



Fonte SINIR, Disponível: <https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/> Acesso 30.05.2025

Essa estrutura demonstra a maturidade do arcabouço regulatório brasileiro e o avanço significativo na criação de mecanismos para a responsabilidade compartilhada e a rastreabilidade.

Assim, a fundamentação teórica deste estudo sustenta-se na análise comparativa entre experiências internacionais e o contexto brasileiro, reconhecendo que o avanço da

logística reversa depende de instrumentos normativos que consolidem diretrizes técnicas claras, promovam a integração entre atores e assegurem a circularidade dos materiais em toda a cadeia produtiva.

3. MÉTODO

A presente pesquisa adota uma abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, fundamentada em análise documental e comparativa de experiências internacionais em Logística Reversa (LR) e Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR), de modo a subsidiar o aprimoramento técnico e regulatório do sistema brasileiro de logística reversa, com base em evidências extraídas de relatórios, diretrizes e estudos de caso internacionais de reconhecida relevância.

A estratégia metodológica foi estruturada em três eixos principais:

- (i) levantamento e sistematização das referências internacionais sobre EPR e LR;
- (ii) análise comparativa entre modelos internacionais e o contexto normativo brasileiro;
- (iii) identificação de lacunas e oportunidades de aprimoramento no sistema nacional, considerando aspectos técnicos, regulatórios, institucionais e socioeconômicos.

O levantamento das fontes seguiu um recorte temático baseado nos instrumentos, arranjos e mecanismos de governança da EPR, com foco em documentos emitidos por organismos multilaterais, entidades técnicas e redes de pesquisa que compõem o estado da arte internacional. Entre as principais publicações analisadas estão Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2016; 2024), Comissão Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2014), Ellen MacArthur Foundation (2021), GIZ (2021), WIEGO (2022) e PREVENT Waste Alliance (2024), entre outras referências complementares que subsidiam a compreensão de boas práticas e tendências em sistemas de EPR.

A coleta de dados baseou-se na análise dos seguintes tipos de documentos:

- Relatórios técnicos e guias internacionais, que descrevem instrumentos de política, modelos de financiamento, *ecodesign* e governança de sistemas de EPR;
- Estudos de caso de países com diferentes níveis de maturidade regulatória (como Alemanha, Índia, Chile e Coreia do Sul);

- Instrumentos legais e normativos brasileiros, em especial a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), seus decretos complementares e acordos setoriais vigentes.

Os documentos foram examinados através de uma pré-análise de leitura e seleção das fontes mais pertinentes ao escopo da pesquisa, categorização dos conteúdos, tratamento e interpretação dos resultados, síntese e comparação dos achados, identificando convergências, lacunas e boas práticas aplicáveis ao contexto brasileiro.

A comparação internacional foi guiada por critérios desenvolvidos a partir da literatura-base da OCDE (2016, 2024), Ellen MacArthur Foundation (2021) e da Comissão Europeia (2014), que propõem parâmetros de eficiência, transparência, cobertura de custos e integração institucional para sistemas de EPR. Essa estrutura analítica permitiu identificar as práticas consolidadas em países de referência e as áreas em que o sistema brasileiro apresenta desafios regulatórios ou operacionais.

O foco principal está na EPR como mecanismo estruturante para o aprimoramento da logística reversa no Brasil, analisando como diferentes modelos internacionais abordam desafios semelhantes aos enfrentados no contexto nacional, como a cobertura financeira, a formalização do setor informal, a transparência dos fluxos de materiais e a eco-modulação de taxas.

O Quadro 2 sintetiza o percurso metodológico adotado neste estudo, destacando as etapas de levantamento, análise e interpretação das informações.

Quadro 2: Estrutura Metodológica do Estudo

Etapas	Descrição	Principais Fontes	Resultado Esperado
1. Levantamento documental	Identificação de referências internacionais sobre EPR e LR	OECD, EC, EMF, GIZ, WIEGO, PREVENT	Base consolidada de boas práticas
2. Análise comparativa	Categorização e contraste com o contexto brasileiro	PNRS, Decretos e acordos setoriais	Identificação de lacunas técnicas e regulatórias
3. Síntese interpretativa	Sistematização dos resultados e proposição de diretrizes	Referências nacionais e internacionais	Recomendações de aprimoramento da governança e eficiência dos SLR

Fonte: Autores

A validade da análise foi assegurada pela triangulação entre fontes primárias internacionais e documentos oficiais nacionais. Contudo, reconhece-se que a disponibilidade desigual de dados e a heterogeneidade regulatória entre países podem introduzir limitações interpretativas. Ainda assim, o método adotado permite extrair evidências e oferecer subsídios para o aprimoramento do sistema brasileiro de logística reversa.

4. Resultados e Discussões

A análise comparativa entre os fundamentos da Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) no estado da arte internacional e o Sistema de Logística Reversa (SLR) instituído pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil revela que, embora o país possua um arcabouço legal sólido, existem lacunas técnicas e regulatórias para alcançar a eficiência, a transparência, o *ecodesign* e a inclusão social para o aprimoramento do sistema de gestão de resíduos.

4.1 Resultados: Identificação de Lacunas Técnicas e Regulatórias

As referências internacionais definem elementos-chave para a eficácia da EPR, incluindo financiamento dedicado, contínuo e suficiente, mecanismos robustos de monitoramento e fiscalização para combater o *free-riding*, incentivos ao *ecodesign*, e a inclusão justa do setor informal (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

A comparação desses pilares com o Panorama Nacional permitiu a identificação das seguintes lacunas, que representam oportunidades para o aprimoramento dos SLR no Brasil:

4.1.1 Lacuna no Financiamento Dedicado, Contínuo e Suficiente (DCS)

A EPR obrigatória e baseada em taxas é um caminho comprovado para garantir financiamento DCS para a gestão pós-consumo, tendo em vista que a coleta, triagem e reciclagem de materiais geralmente tem um custo líquido, ou seja, custa mais do que a receita gerada pela venda dos materiais reciclados (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

- No Brasil: O setor empresarial é responsável por assegurar a sustentabilidade econômico-financeira da logística reversa¹. O sistema nacional utiliza instrumentos como o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa (CCRLR) e a comercialização de produtos ou embalagens descartadas para viabilizar o retorno dos produtos (BRASIL, 2023).
- Lacuna: Embora a responsabilidade financeira seja clara, a estrutura regulatória carece de mecanismos técnicos padronizados que garantam o financiamento com os atributos DCS, que deve cobrir o custo líquido real da gestão. A falta desse mecanismo padronizado expõe o sistema ao risco de seletividade (*cherry-picking*) de materiais de alto valor, negligenciando materiais de baixo valor, o que compromete a expansão e o cumprimento de metas para todos os tipos de embalagens (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

4.1.2 Lacuna nos Incentivos ao *Ecodesign* (Taxas Moduladas)

A EPR deve incentivar soluções de embalagem desde a origem (*Ecodesign*). O principal mecanismo para isso é a modulação ecológica das taxas (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

- No Brasil: A responsabilidade compartilhada prevê o investimento no desenvolvimento e fabricação de produtos que sejam aptos à reutilização, à reciclagem ou a outra forma de destinação ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). No entanto, os instrumentos de implementação de SLR (Acordos Setoriais, Decretos) não parecem exigir o uso padronizado e explícito de um sistema de taxas moduladas.
- A Lacuna: Sem a modulação das taxas, aplicando taxas menores para embalagens mais sustentáveis e maiores para materiais difíceis de valorizar, o sistema perde o incentivo financeiro direto para que os produtores invistam em *ecodesign*, o que é um benefício adicional significativo da EPR bem estruturada. Mecanismos alternativos, como os Créditos de Plástico, não geram estímulo direto à melhoria do design ou da reciclabilidade das embalagens (PREVENT WASTE ALLIANCE, 2024).

4.1.3 Lacuna na Governança, Transparência e Combate ao *Free-Riding*

Esquemas de EPR eficazes exigem mecanismos robustos e transparentes para relatórios, monitoramento e fiscalização, essenciais para combater o oportunismo (*free-riding*) (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

- No Brasil: A conformidade e a rastreabilidade são verificadas por Verificadores de Resultados (BRASIL, 2023; BRASIL, 2024), que homologam notas fiscais eletrônicas (NF-e) e utilizam o Sistema MTR do SINIR. O SINIR visa coletar e sistematizar dados e promover o monitoramento, a fiscalização e a avaliação da eficiência da gestão (SINIR, 2025).
- A Lacuna: O Relatório aponta que persistem oportunidades de aprimoramento nos aspectos relacionados à governança, à cobertura, ao monitoramento e à articulação entre os diversos atores obrigados. As referências internacionais, como a Comissão Europeia (2014), enfatizam a necessidade de Harmonização de Relatórios e o controle rigoroso dos fluxos financeiros e de materiais. A falta de mecanismos técnicos padronizados para o reporte de dados e rastreabilidade robusta aumenta o risco de *free-riding* (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

4.1.4 Lacuna nos Mecanismos de Transição Justa e Inclusão Estrutural

O setor informal (catadores e catadoras) é um ator importante na cadeia de reciclagem, especialmente em países de baixa e média renda (WIEGO, 2022).

- No Brasil: A PNRS enfatiza a atuação em parceria com cooperativas e associações de catadores, reconhecendo seu papel fundamental na cadeia da reciclagem. As Entidades Gestoras têm preferência em buscar o esgotamento de resultados oriundos dessas organizações antes de usar NF-e de outros operadores logísticos.
- A Lacuna: Apesar do reconhecimento legal, o Relatório destaca que a integração do setor informal é um desafio estrutural. É fundamental que as estratégias visem o reconhecimento, a formalização e a melhoria das condições de trabalho e subsistência desses trabalhadores, garantindo uma transição justa. A falta de diretrizes técnicas e operacionais padronizadas pode levar a uma inclusão limitada ou precária.

4.2 Discussões: Implicações e Comparativo Internacional para o Aprimoramento

As lacunas identificadas nos SLR brasileiros, quando contrastadas com as melhores práticas da EPR internacional, demonstram a necessidade de um aprimoramento regulatório e técnico que vá além da mera comprovação de metas de massa.

A viabilidade financeira de longo prazo dos SLR depende diretamente da capacidade de cobrir o custo líquido total da reciclagem. A dependência excessiva de mercados voluntários ou a incapacidade de garantir fundos DCS representa uma barreira fundamental para mobilizar investimentos em infraestrutura. A tendência global é de ampliação dos sistemas obrigatórios de EPR, com a União Europeia avançando na regulamentação que exige a implementação desses sistemas para todos os tipos de embalagens.

O aprimoramento do sistema brasileiro deve, portanto, incorporar diretrizes que assegurem que o princípio do **custo real ao final da vida útil** (*True cost principle*) seja efetivamente aplicado, garantindo que as taxas pagas pelos produtores cubram os custos reais da gestão para atingir os objetivos regulamentados (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

As avaliações ressaltam que a EPR tem o potencial de incentivar a inovação no design, o que é um dos seus benefícios adicionais mais importantes. A França destaca-se pelo uso da eco-modulação de taxas. As taxas são ajustadas com base em critérios ambientais (como reciclabilidade e conteúdo reciclado), criando um incentivo financeiro direto para o redesenho (DfE). No fluxo de papéis, por exemplo, a PRO francesa adota modulação positiva para produtos com alto conteúdo reciclado (OECD, 2016).

Nessa vertente, o aprimoramento do SLR no Brasil deve utilizar os instrumentos econômicos da EPR para traduzir a responsabilidade sobre o design em um mecanismo de mercado. A padronização técnica de critérios para aplicação de **taxas moduladas** (*bonus/malus*) é essencial para fortalecer os incentivos ao *ecodesign* na fonte (PREVENT WASTE ALLIANCE, 2024)

A complexidade dos SLR e a participação de Entidades Gestoras exigem mecanismos rigorosos de governança para evitar o *free-riding*. As diretrizes da Comissão Europeia (2014) enfatizam o Princípio da Harmonização de Relatórios, padronizando definições e procedimentos para permitir monitoramento e vigilância eficazes. O aprimoramento nacional deve focar na melhoria da qualidade das estatísticas reportadas e na transparência dos fluxos financeiros e de materiais. Embora o Brasil utilize Verificadores de Resultados, a harmonização de relatórios e a padronização de dados, complementando o SINIR (SINIR, 2025), são medidas que mitigariam o risco de *free-riding* e aumentariam a confiança no sistema. A digitalização e o rastreamento emergem como facilitadores essenciais para esse monitoramento em tempo real (GIZ, 2021).

A inclusão do setor informal não é apenas uma questão social, mas um componente da eficácia operacional, dada a contribuição dos catadores e catadoras na coleta de materiais de "alto valor. Países como Índia e África do Sul enfrentam desafios similares e têm avançado na regulação para a integração justa do setor informal WIEGO (2020). A legislação indiana, por exemplo, incentiva a colaboração participativa com organizações de catadores. O Brasil deve traduzir a parceria prevista na PNRS em diretrizes técnicas que garantam o reconhecimento, a formalização e a melhoria das condições de trabalho. Isso envolve a criação de pontos de entrada estruturais para a formalização e o desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis para cooperativas.

Em conclusão, a avaliação das referências internacionais não só confirma a relevância do arcabouço da PNRS, mas também indica caminhos para o aprimoramento. Abordar as lacunas de financiamento, *ecodesign*, transparência e inclusão social, por meio de diretrizes técnicas e regulatórias padronizadas, é essencial para construir um SLR no Brasil que seja mais eficiente, sustentável e alinhado aos pilares da economia circular.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como propósito identificar e analisar as principais lacunas técnicas e regulatórias nos sistemas de logística reversa (LR) no Brasil, à luz das melhores práticas internacionais em Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR). A partir da revisão de guias e referências da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

(OECD), da Comissão Europeia, da Ellen MacArthur Foundation, da GIZ, da WIEGO e da PREVENT Waste Alliance, foi possível estabelecer um panorama comparativo entre o contexto nacional e o cenário global de políticas de economia circular. Embora o Brasil disponha de um arcabouço normativo consolidado, estruturado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), seus decretos complementares e acordos setoriais, ainda persistem desafios estruturais para alcançar maior eficiência, transparência e integração sistêmica.

As análises comparativas evidenciaram que países com sistemas de EPR mais maduros, como Alemanha, França e Coreia do Sul, operam com mecanismos financeiros previsíveis, metas obrigatórias, rastreabilidade digital e governança independente, assegurando sustentabilidade econômica e ambiental. No contexto brasileiro, as lacunas identificadas concentram-se na ausência de mecanismos de financiamento dedicado, contínuo e suficiente (DCS), na falta de eco-modulação das taxas, e na necessidade de harmonização dos relatórios e padronização de dados, fatores que afetam diretamente a efetividade, a equidade e a transparência dos sistemas de logística reversa.

Adicionalmente, a inclusão estruturada e justa do setor informal emerge como pilar estratégico tanto para o aprimoramento da governança ambiental quanto para a promoção da justiça socioeconômica. O fortalecimento das cooperativas e associações de catadores, aliado a instrumentos de remuneração justa, capacitação e reconhecimento institucional, deve ser incorporado como diretriz permanente das políticas públicas de resíduos.

Como perspectivas futuras, recomenda-se:

- a condução de estudos empíricos setoriais, que analisem a aplicabilidade das diretrizes propostas em diferentes cadeias produtivas (como eletroeletrônicos, embalagens, têxteis);
- o aprofundamento de análises econômicas sobre a viabilidade e os impactos dos mecanismos de eco-modulação no contexto brasileiro;
- o desenvolvimento de projetos-piloto de rastreabilidade digital, capazes de integrar dados de coleta, triagem e reciclagem em uma plataforma única.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Em síntese, este estudo reforça a relevância da logística reversa como eixo estruturante da Política Nacional de Resíduos Sólidos, destacando sua função estratégica na promoção da economia circular e no cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 9, 11 e 12). Avançar rumo a um modelo de governança circular, baseado em evidências, transparência e inclusão social, constitui o caminho para consolidar um sistema nacional de gestão de resíduos que seja justo, eficiente e verdadeiramente sustentável.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto n. 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o disposto no § 1º do art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e institui o sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 fev. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10240.htm. Acesso em: 04 jun. 2025.

BRASIL. Decreto n. 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **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: 04 jun. 2025.

BRASIL. Decreto n. 11.300, de 21 de dezembro de 2022. Institui o sistema de logística reversa de embalagens de vidro. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 dez. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11300.htm. Acesso em: 04 jun. 2025.

BRASIL. Decreto n. 11.413, de 13 de fevereiro de 2023. Dispõe sobre o Sistema de Rastreabilidade de Embalagens e Créditos de Reciclagem e altera o Decreto nº 10.936/2022. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 fev. 2023. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11413.htm. Acesso em: 04 jun. 2025.

BRASIL. Lei n. 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.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Extended Producer Responsibility: A necessary part of the solution to packaging waste and pollution.** Cowes, UK: Ellen MacArthur Foundation, 2021. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/>. Acesso em: 22 jun. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. **Guidance on Extended Producer Responsibility (EPR): Guidance for Member States on the implementation of EPR schemes.** Brussels: European Union, 2014. Disponível em: <https://environment.ec.europa.eu/>. Acesso em: 22 jun. 2025.

GIZ – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. **Handbook: Recycling and Beyond – Practices and Ideas from India and Germany.** Bonn: GIZ, 2022. Disponível em: <https://www.giz.de/>. Acesso em: 22 jun. 2025.

GRUPO DE TRABALHO DA SOCIEDADE CIVIL PARA A AGENDA 2030. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).** São Paulo, 2024. Disponível em: <https://gtagenda2030.org.br/ods/>. Acesso em: 22 jun. 2025.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Extended Producer Responsibility Guidance: Policy toolkit and case studies.** Paris: OECD Publishing, 2024. Disponível em: <https://www.oecd.org/environment/>. Acesso em: 22 jun. 2025.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Extended Producer Responsibility: A guidance manual for governments.** Paris: OECD Publishing, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264256385-en>. Acesso em: 22 jun. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 22 jun. 2025.

PREVENT WASTE ALLIANCE. **EPR Toolbox: Practical Guide for the Implementation of EPR Systems.** Bonn: PREVENT Waste Alliance, 2024. Disponível em: <https://www.prevent-waste.net/>. Acesso em: 22 jun. 2025.

SOLER, Fabricio; IGLECIAS, Patrícia; MACHADO, José. Acordos Setoriais, Regulamentos e Termos de Compromisso. In: JARDIM, Arnaldo; YOSHIDA, Consuelo; MACHADO FILHO, José Valverde (Coord.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** São Paulo: Manole, 2012.

SOLER, Fabricio; SILVA, Carlos. **Código dos Resíduos.** São Paulo: Instituto PNRS, 2019.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

SOLER, Fabricio; SILVA, Carlos. **Gestão de resíduos sólidos, o que diz a lei**. 4. ed. atual. e rev. São Paulo: Trevisan Editora, 2019.

SOLER, Fabricio. **Verificador de resultados de sistemas de logística reversa**. **Migalhas**, [S. l.], n. 6110, 28 dez. 2023. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/depeso/399663/verificador-de-resultados-de-sistemas-de-logistica-reversa>. Acesso em: 30 maio 2025.

SOLER, Fabricio. FARIAS, Talden. **Verificador independente de resultados da logística reversa de embalagens**. Consultor Jurídico, 05.11.2023. Disponível: <https://www.conjur.com.br/2023-nov-05/soler-farias-verificador-independente-logistica-reversa>. Acesso em 30 maio 2025.

WIEGO – WOMEN IN INFORMAL EMPLOYMENT: GLOBALIZING AND ORGANIZING. **Extended Producer Responsibility (EPR) and Waste Pickers**. Manchester: WIEGO, 2020. Disponível em: <https://www.wiego.org/>. Acesso em: 22 jun. 2025.