

FÁBIO NAVARRO MANFREDINI

**A CONTRIBUIÇÃO DO CERTIFICADO DE CRÉDITO DE RECICLAGEM PARA A
LOGÍSTICA REVERSA E A ECONOMIA CIRCULAR: UM ENFOQUE NAS
PRÁTICAS ESG NAS EMPRESAS BRASILEIRAS.**

Relatório de Pós-doutorado realizado na
Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Ciência e Tecnologia,
Sorocaba.

Supervisor: Prof. Dr. Sandro Donnini
Mancini

Sorocaba
2026

PROGRAMA DE PÓS-DOCTORADO DA UNESP

Sorocaba

2026

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Sandro Donnini Mancini pela orientação, suporte e liberdade intelectual.

Ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Ciência e Tecnologia UNESP (Câmpus de Sorocaba) pela oportunidade e apoio

À minha Esposa e Filha por estarem presentes em todas as decisões da minha vida.

RESUMO

A logística reversa consolida-se como instrumento estratégico para a reinserção de resíduos no ciclo produtivo, promovendo sustentabilidade, inovação e inclusão social. A criação do Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa (CCRLR), regulamentado pelo Decreto nº 11.413/2023, surge como resposta à necessidade de mecanismos confiáveis para comprovação das metas de reciclagem e como incentivo aos agentes diretamente envolvidos (catadores). Este estudo analisou o impacto da adoção do CCRLR como mecanismo normativo, técnico e econômico no fortalecimento da logística reversa como ferramenta para promover a economia circular e o cumprimento de práticas de ESG nas empresas brasileiras. Nesse sentido, busca-se avaliar os benefícios econômicos, sociais e ambientais gerados, bem como os desafios e oportunidades para a ampliação dessas práticas no setor industrial. Os objetivos específicos foram: a) Identificar os requisitos legais brasileiros e internacionais que regulamentam os instrumentos da logística reversa; b) Investigar o papel do certificado de crédito de reciclagem no incentivo à adoção de práticas de logística reversa nas empresas brasileiras, com foco na gestão de resíduos sólidos e redução de impactos ambientais; c) Avaliar como o certificado de crédito de reciclagem pode contribuir para a implementação de um modelo de economia circular, promovendo a recuperação de materiais e a diminuição da dependência de recursos naturais virgens; d) analisar a relação entre o certificado de crédito de reciclagem e as práticas de ESG, verificando de que maneira as empresas que adotam essa certificação fortalecem sua atuação nos pilares ambientais, sociais e de governança; e) examinar os benefícios econômicos e ambientais gerados pela adoção do certificado de crédito de reciclagem nas empresas, com ênfase na redução de custos com resíduos e no aumento da eficiência produtiva; f) identificar os desafios e barreiras para a expansão do uso do certificado de crédito de reciclagem no Brasil, analisando fatores regulatórios, logísticos e financeiros que *possam* influenciar a adesão das empresas, inclusive as de pequeno porte e cooperativas; g) propor estratégias para aumentar a adesão ao certificado de crédito de reciclagem, promovendo práticas de economia circular e contribuindo para o cumprimento dos critérios de sustentabilidade estabelecidos nas diretrizes de ESG. O CCRLR representa um avanço ao conjugar rastreabilidade, inclusão social e sustentabilidade, embora ainda enfrente limitações estruturais e operacionais. Conclui-se que o certificado inaugura uma nova etapa na governança ambiental brasileira, cujo êxito dependerá da articulação entre setores público e privado, do fortalecimento da infraestrutura e da superação dos entraves técnicos e jurídicos/burocráticos.

Palavras-chave: Direito Ambiental, Gestão Ambiental, Resíduos Sólidos, Sustentabilidade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	06
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS E NORMATIVOS	12
2.1.1 Sustentabilidade, Economia Circular e ESG: Conceitos Integrados	12
2.1.1.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento Corporativo	15
2.1.1.2 Economia Circular (EC) e Gestão de Resíduos	19
2.1.1.3 As práticas ESG e a governança empresarial	26
2.1.2 INSTRUMENTOS DE POLÍTICA AMBIENTAL NO BRASIL	29
2.1.2.1 A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010)	34
2.1.2.2 Logística Reversa: fundamentos legais e operacionais	37
2.1.3 CERTIFICADOS AMBIENTAIS E INSTRUMENTOS ECONÔMICOS	41
2.1.3.1 Conceito e tipologia de instrumentos econômicos ambientais	42
2.1.3.2 Experiências internacionais comparadas	45
2.2 – O CERTIFICADO DE CRÉDITO DE RECICLAGEM (CCRLR)	49
2.2.1 Origem e evolução normativa do CCRLR	52
2.2.1.1 Do Decreto nº 11.044/2022 ao Decreto nº 11.413/2023	55
2.2.1.3 O Decreto nº 12.688/2025	59
2.2.2 Estrutura operacional do CCRLR	61
2.2.2.1 Entidades gestoras, operadores e cooperativas	64
2.2.2.2 Verificação de resultados, rastreabilidade e auditoria	67
2.2.3 Interface com o Sistema MTR Nacional e o SINIR	69
2.2.4 Riscos, fraudes e mecanismos de controle	72
2.3 CONTRIBUIÇÕES DO CCRLR À LOGÍSTICA REVERSA E À ECONOMIA CIRCULAR	75
2.3.1 Viabilização econômica da logística reversa	78
2.3.2 Estímulo à formalização e inclusão de cooperativas de catadores	82
2.3.3 Reintrodução de materiais recicláveis na cadeia produtiva	85
2.3.4 Redução da extração de recursos naturais virgens	87
2.3.5 Integração entre logística direta e reversa nas empresas	90
2.4 O CCRLR COMO FERRAMENTA DE FORTALECIMENTO DAS PRÁTICAS ESG	93
2.4.1 Pilar Ambiental: mitigação de impactos e rastreabilidade	95

2.4.2 Pilar Social: inclusão prod. e valorização do trabalho dos catadores	97
2.4.3 Pilar de Governança: conformidade, transparência e auditoria	99
2.4.4 Relacionamento com indicadores ESG, ODS e relatórios GRI	101
2.4.5 Exemplos de adoção empresarial (casos práticos no Brasil)	103
3. METODOLOGIA	108
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	109
4.1 Requisitos legais brasileiros e internacionais que regulamentam os instrumentos da logística reversa	109
4.2 O certificado de crédito de reciclagem e o incentivo à adoção de práticas de logística reversa nas empresas brasileiras, com foco na gestão de resíduos sólidos e redução de impactos ambientais	114
4.3 Contribuição do certificado de crédito de reciclagem para a implementação de um modelo de economia circular, promovendo a recuperação de materiais e a diminuição da dependência de recursos naturais virgens	118
4.4 Relação entre o cert. de crédito de reciclagem e as práticas de ESG	122
4.5 Benefícios econômicos e ambientais gerados pela adoção do CCLR	127
4.6 Desafios e Barreiras para a Expansão do Uso do CCLR no Brasil	129
4.6.1 Barreiras regulatórias e insegurança jurídica	133
4.6.2 Limitações operacionais e assimetrias regionais	135
4.6.3 Obstáculos financeiros e precificação dos créditos	138
4.7. Propostas de Estrat. para Aumentar a Adoção do CCLR no Brasil	143
4.8 Incentivos fiscais e financeiros	146
4.9 Fortalecimento das cooperativas e digitalização	150
4.10 Plataforma pública e mercado transparente de créditos	153
4.11 Frentes estratégicas para a implementação do CCLR	156
5. CONCLUSÕES	159
6. REFERÊNCIAS	166

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 10 mil anos, período conhecido como Holoceno, o Planeta Terra manteve um estado ambiental excepcionalmente estável, condição que possibilitou o florescimento das civilizações humanas. Contudo, desde a Revolução Industrial, inaugura-se o Antropoceno, era em que a atividade humana se tornou o principal fator de transformação dos sistemas naturais. Como consequência, o sistema terrestre pode ir além dos limites ambientais que sustentaram o desenvolvimento humano, produzindo alterações irreversíveis e, em alguns casos, abruptas (ROCKSTRÖM, *et al.*, 2009).

Costanza (2020) afirma que as sociedades podem ficar presas em “armadilhas sociais” ou vícios coletivos, caracterizados por comportamentos que oferecem benefícios imediatos, mas geram impactos insustentáveis no longo prazo. Entre esses padrões estão o consumismo excessivo e o modelo de crescimento econômico ilimitado. Para superar essa dependência estrutural, é necessária uma transição que demanda deslocar o foco exclusivo nas consequências negativas das práticas atuais e avançar para a elaboração de uma visão positiva e coletiva de futuro.

A logística reversa, prevista como um dos instrumentos fundamentais da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) brasileira (Lei nº 12.305/2010), tem se consolidado como eixo central das discussões sobre sustentabilidade e economia circular que se contrapõe ao modelo linear de extração, consumo e descarte. A economia circular busca prolongar o ciclo de vida dos materiais por meio da manutenção, reutilização, reciclagem e recuperação de produtos, reduzindo a pressão sobre os recursos naturais (GEISSDOERFER *et al.*, 2017; KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018). Sob essa ótica, os resíduos de um processo passam a ser insumos para outro, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais e para a inovação em cadeias produtivas (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017).

Trata-se de um processo que viabiliza o retorno de resíduos sólidos ao ciclo produtivo ou a sua destinação ambientalmente adequada, promovendo a reutilização, a reciclagem e outras formas de manejo seguro dos materiais descartados (POKHAREL; MUTHA, 2009; MAIELLO; BRITTO; VALLE, 2018; ABREMA, 2023).

Em consonância com a PNRS foi instituído o Plano Nacional de Resíduos Sólidos pelo Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022, que estabelece propostas, metas, diretrizes, projetos, programas e ações voltadas à execução dos objetivos da Lei. O documento, entre outros aspectos, abrange diversas modalidades de logística reversa e a atuação dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis na gestão integrada dos resíduos sólidos (BRASIL, 2022).

Outro ordenamento jurídico importante é o Decreto nº 12.082, de 27 de junho de 2024 que instituiu a Estratégia Nacional de Economia Circular, com o objetivo de promover a transição do modelo de produção linear para uma economia circular, de modo a incentivar o uso eficiente dos recursos naturais e das práticas sustentáveis ao longo da cadeia produtiva. As metas e indicadores do Plano Nacional de Economia Circular serão definidos posteriormente, com base nos resultados do Diagnóstico Nacional Setorial. Porém, forem definidos Eixos para o estudo (BRASIL, 2024).

Destacando-se o EIXO 3 (Reduzir a utilização de recursos e a geração de resíduos, de modo a preservar o valor dos materiais) que estabelece como macro objetivo: 3.3. Fomentar investimentos em infraestrutura e no uso de tecnologias para o desenvolvimento da Economia Circular e determina entre outras ações: a expansão da logística reversa e elaboração de decretos para setores não regulamentados, estabelecendo metas, implementando projetos estruturantes, bem como adotando premissas de inclusão socioeconômica de catadoras e catadores de material reciclável (BRASIL, 2024)

Além da dimensão ambiental, a logística reversa assume importância social. No Brasil, o setor de reciclagem é responsável por gerar emprego e renda para milhares de catadores organizados ou não em cooperativas, cuja atuação é reconhecida como essencial para a operacionalização da PNRS (FERNANDEZ, 2012; SIQUEIRA, 2023). O fortalecimento dessas organizações promove inclusão socioeconômica e melhora as condições de trabalho de famílias que dependem diretamente dessa atividade (RUBIO; CHAMORRO; MIRANDA, 2008; HOSSEINI, 2015; LETUNOVSKA, 2022).

Os créditos de logística reversa constituem instrumentos de mercado destinados a comprovar o atendimento das obrigações vinculadas à logística reversa de produtos e embalagens. O modelo prevê que a emissão das notas

fiscais seja realizada por catadores e catadoras individuais, bem como por cooperativas ou demais formas organizadas de associação de trabalhadores da reciclagem (MOFATI, 2025).

Assim, o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa (CCRLR) configura-se como um mecanismo inovador que fortalece a PNRS e acelera a transição para a economia circular. Ao conjugar dimensões ambientais, sociais e de governança, o CCRLR transcende a lógica do mero cumprimento legal, assumindo-se como estratégia de competitividade, sustentabilidade e responsabilidade socioambiental (STREIT; GUARNIERI; FARIAS, 2022; ROHRICH, 2020).

Ele foi regulamentado inicialmente pelo Decreto nº 11.044/2022 e posteriormente substituído pelo Decreto nº 11.413/2023. Esse instrumento normativo estabelece parâmetros para a comprovação das metas de logística reversa, fornecendo às empresas um mecanismo baseado em rastreabilidade, verificação independente e inclusão das cooperativas de catadores como agentes prioritários (BRASIL, 2023; SILVA, 2024).

O CCRLR, emitido a partir de notas fiscais e Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR), constitui prova da efetiva destinação ambientalmente adequada dos resíduos pós-consumo. Na prática, envolve quatro etapas principais: geração de resíduos, reciclagem, emissão do certificado e aquisição por empresas obrigadas ou interessadas. Além de garantir a conformidade legal, o CCRLR pode ser negociado como ativo de mercado, incentivando a ampliação da capacidade instalada de reciclagem a partir de um aumento da coleta seletiva (ABREMA, 2023).

Na seara do CCLR, foi editado o Decreto nº 12.688/2024 com a finalidade de estender o campo de aplicação desse instituto jurídico-econômico, representando um marco para a gestão de resíduos sólidos no Brasil ao atualizar as regras da Política Nacional de Resíduos Sólidos e regulamentar o CCRLR com lastro em resultados. A norma fortalece a logística reversa ao estabelecer mecanismos de rastreabilidade, auditoria independente e comprovação de resultados ambientais mensuráveis. Também define com clareza as responsabilidades de fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, entidades gestoras e cooperativas, buscando promovendo financiamento adequado da reciclagem e estimulando a inclusão produtiva de catadores. Com

isso, o decreto contribui para a transição nacional à economia circular, incentivando inovação, governança ambiental e o cumprimento de metas ambientais e climáticas (BRASIL, 2024).

O desenvolvimento do CCRLR insere-se em um movimento mais amplo de transição para a economia circular,

Instrumentos econômicos como o CCRLR desempenham papel estratégico nessa transição, uma vez que criam incentivos à reciclagem e reforçam a noção de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (COSTA; COSTA; FREITAS, 2017). Seus benefícios incluem o estímulo à inovação tecnológica, a redução da extração de recursos naturais, a facilitação do cumprimento de metas ambientais e a ampliação da responsabilidade socioambiental das empresas (DE SOUSA ALVES *et al.*, 2021).

Do ponto de vista das práticas ambientais, sociais e de governança - *Environmental, Social and Governance* (ESG), o CCRLR reforça o compromisso empresarial com a sustentabilidade. No eixo ambiental, contribui para a redução da pegada de carbono e para a eficiência no uso de recursos; no social, fortalece cooperativas de catadores e promove inclusão produtiva; e, no eixo de governança, amplia a transparência e a responsabilização (*accountability*) corporativa, alinhando empresas a padrões internacionais de sustentabilidade (ASIF, 2013; OECD, 2022; ABNT, 2024).

Assim, o CCRLR configura-se como um mecanismo inovador que fortalece a PNRS e acelera a transição para a economia circular. Ao conjugar dimensões ambientais, sociais e de governança, o CCRLR transcende a lógica do mero cumprimento legal, assumindo-se como estratégia de competitividade, sustentabilidade e responsabilidade socioambiental (STREIT; GUARNIERI; FARIAS, 2022; ROHRICH, 2020).

No entanto, para que o CCRLR seja uma estratégia verdadeiramente eficaz no contexto ESG, ele deve ser usado como parte de um compromisso mais amplo com a sustentabilidade e não como uma solução isolada. O sucesso do CCRLR depende de um sistema de governança robusto, de processos transparentes e de um verdadeiro compromisso com a redução de resíduos e a promoção de uma economia circular. Dessa forma, o CCRLR pode contribuir significativamente para a transição para um modelo de negócios mais

responsável e sustentável, beneficiando o meio ambiente, a sociedade e a própria governança corporativa.

A relevância deste estudo, dentro da área de Ciências Ambientais, reside no fato de que o CCRLR oferece uma solução prática e economicamente viável para empresas que desejam aprimorar suas operações e atender às exigências de sustentabilidade impostas pelo mercado e pela sociedade. Ao promover a logística reversa, esse certificado não apenas reforça a responsabilidade ambiental, mas também gera novos negócios, empregos e incentiva a economia circular, criando um ciclo virtuoso de desenvolvimento sustentável.

Portanto, este estudo se justifica pela necessidade de compreender como o certificado de crédito de reciclagem pode potencializar o cumprimento das metas de ESG, otimizar a logística reversa e promover a economia circular, bem como identificar os desafios e oportunidades associados à sua implementação.

O trabalho tem por finalidade analisar o impacto da adoção do certificado de crédito de reciclagem no fortalecimento da logística reversa como ferramenta para promover a economia circular e o cumprimento de práticas de ESG nas empresas brasileiras. Nesse sentido, busca-se avaliar os benefícios econômicos, sociais e ambientais gerados, bem como os desafios e oportunidades para a ampliação dessas práticas no setor industrial.

Este objetivo integra o estudo das práticas de sustentabilidade (ESG) com a logística reversa e a economia circular, utilizando o certificado de crédito de reciclagem como elemento central de análise.

Diante do exposto, os objetivos específicos do presente trabalho, por meio de revisão literária e dos requisitos legais aplicáveis, são:

- a) Identificar os requisitos legais brasileiros e internacionais que regulamentam os instrumentos da logística reversa;
- b) Investigar o papel do certificado de crédito de reciclagem no incentivo à adoção de práticas de logística reversa nas empresas brasileiras, com foco na gestão de resíduos sólidos e redução de impactos ambientais.
- c) Avaliar como o certificado de crédito de reciclagem pode contribuir para a implementação de um modelo de economia circular, promovendo a recuperação de materiais e a diminuição da dependência de recursos naturais virgens.

- d) Analisar a relação entre o certificado de crédito de reciclagem e as práticas de ESG, verificando de que maneira as empresas que adotam essa certificação fortalecem sua atuação nos pilares ambientais, sociais e de governança.
- e) Examinar os benefícios econômicos e ambientais gerados pela adoção do certificado de crédito de reciclagem nas empresas, com ênfase na redução de custos com resíduos e no aumento da eficiência produtiva.
- f) Identificar os desafios e barreiras para a expansão do uso do certificado de crédito de reciclagem no Brasil, analisando fatores regulatórios, logísticos e financeiros que *possam* influenciar a adesão das empresas, inclusive as de pequeno porte e cooperativas.
- g) Propor estratégias para aumentar a adesão ao certificado de crédito de reciclagem, promovendo práticas de economia circular e contribuindo para o cumprimento dos critérios de sustentabilidade estabelecidos nas diretrizes de ESG.

Esses objetivos específicos ajudam a estruturar o estudo de maneira abrangente, cobrindo tanto os impactos diretos quanto os desafios e oportunidades relacionados à sustentabilidade empresarial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS E NORMATIVOS

2.1.1 Sustentabilidade, Economia Circular e ESG: Conceitos Integrados

A abordagem sobre responsabilidade das empresas começou a ganhar força nos anos 1950, quando pesquisadores de economia, direito e administração passaram a questionar os limites do capitalismo. Esses autores defendiam que os gestores tinham responsabilidades morais e legais perante a sociedade, especialmente em temas como trabalho, comunidades locais e segurança de produtos (BANSAL, SONG, 2017).

Já nos anos 1980, outros grupos da sociedade civil e governos alertaram que o desenvolvimento econômico estava ultrapassando os limites dos recursos naturais. Surge então, conforme Bansal e Song, (2017) a noção de desenvolvimento sustentável. Pesquisadores de administração passaram a ver as empresas como sistemas inseridos em sistemas maiores (econômicos, políticos, sociais e ecológicos). Essa perspectiva sistêmica enfatiza a interdependência entre as partes e argumenta que não é possível entender problemas isoladamente sem compreender suas conexões. Pesquisadores da sustentabilidade mostraram que a produção industrial excessiva e o consumo humano estavam causando desequilíbrios ambientais, capazes de comprometer os próprios sistemas econômicos e empresariais, ainda que seus efeitos não fossem imediatos ou totalmente previsíveis. Para isso, recorreram a conhecimentos de áreas como biologia, ecologia, engenharia e física.

A discussão contemporânea sobre sustentabilidade, economia circular e critérios ESG reflete um processo histórico de reorientação dos modelos de desenvolvimento, motivado pelos limites ecológicos do planeta, pela intensificação das crises climáticas e pela crescente pressão social e regulatória para que organizações adotem práticas responsáveis (MARTINY *et al.*, 2024). Esses três conceitos, embora distintos em suas origens e abordagens, convergem na construção de uma nova racionalidade socioeconômica, capaz de articular desempenho econômico, preservação ambiental e justiça social de forma interdependente.

O conceito de sustentabilidade consolidou-se a partir do Relatório Brundtland (Our Common Future, 1987), que definiu desenvolvimento sustentável como aquele “que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações atenderem às próprias necessidades” (WCED, 1987, p. 43).

Essa definição, posteriormente incorporada em diversos acordos internacionais, evidencia que os sistemas econômicos estão inseridos em sistemas ecológicos que possuem limites biofísicos, uma perspectiva reforçada na literatura da economia ecológica (COSTANZA et al., 1997; DALY, 1996). Embora responsabilidade corporativa e sustentabilidade tenham surgido em épocas diferentes e como resposta a problemas distintos, ambas tratam da relação entre empresa e sociedade, explicam Bansal e Song (2017). Com o tempo, os termos passaram a ser usados de forma intercambiável, inconsistente e ambígua por gestores e pesquisadores. Um exemplo disso ocorre com a própria ONU, cujo Pacto Global afirma que, ao comprometer-se com a sustentabilidade, a empresa assume “responsabilidade compartilhada” para alcançar um mundo melhor.

Em termos aplicados, a Agenda 2030 e seus 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) ampliaram essa compreensão ao traduzir a sustentabilidade em metas mensuráveis e interconectadas, que vão desde a mitigação climática e conservação da biodiversidade, até a redução de desigualdades e promoção do trabalho decente (UN, 2015).

A economia circular emerge como um modelo econômico orientado à reconfiguração das cadeias produtivas, substituindo a lógica linear de “extrair–produzir–descartar” por sistemas regenerativos baseados na redução, reutilização, remanufatura, compartilhamento e reciclagem de materiais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013).

Inspirada em fundamentos termodinâmicos e ecológicos, a economia circular busca desacoplar o crescimento econômico do uso de recursos naturais e da geração de resíduos (GEISSDOERFER et al., 2017). Estudos recentes demonstram que esse modelo pode gerar ganhos ambientais significativos, como a diminuição do consumo de matérias-primas virgens e a redução das emissões de gases de efeito estufa, ao mesmo tempo em que promove inovação, competitividade e novos mercados de trabalho verde (KORHONEN,

NUUR & FELDMANN, 2018; KIRCHHERR, REIKE & HEKKERT, 2017). No Brasil, políticas como a PNRS os (Lei nº 12.305/2010) e o Decreto nº 11.413/2023, que regulamenta o Certificado de Crédito de Reciclagem, contribuem para institucionalizar mecanismos econômicos voltados à circularidade.

A incorporação dos princípios de sustentabilidade e da economia circular no setor corporativo intensificou-se com a emergência da agenda ESG, termo amplamente difundido a partir do relatório *Who Cares Wins* (UN Global Compact, 2004). O movimento ESG fortaleceu a ideia de que o desempenho corporativo deve ser avaliado não apenas por indicadores financeiros, mas também por métricas ambientais (como emissões, uso de água e energia, e gestão de resíduos), sociais (diversidade, respeito aos direitos humanos, relações de trabalho) e de governança (transparência, ética, controles internos e gestão de riscos).

As empresas com práticas ESG consolidadas tendem a apresentar menor risco reputacional, maior acesso a capital e desempenho financeiro superior no longo prazo (FRIEDE, BUSCH & BASSEN, 2015; KRUEGER, SAUTNER & STARKS, 2020). Os investidores institucionais e órgãos reguladores, como a Fundação IFRS por meio das normas IFRS S1 e S2, e no Brasil a Resolução CVM (Comissão de Valores Mobiliários) nº 193/2023 reforçam a obrigatoriedade de *disclosure* climático (divulgação transparente de dados sobre riscos, oportunidades, emissões de gases de efeito estufa (GEE) e estratégias de transição para baixo carbono por empresas) e socioambiental, atribuindo centralidade ao ESG no campo das finanças sustentáveis.

Assim, sustentabilidade, economia circular e ESG configuram um ecossistema conceitual integrado, no qual decisões corporativas e políticas públicas passam a ser orientadas por métricas, processos e estruturas que buscam reduzir impactos negativos e gerar valor sustentável. A sustentabilidade fornece o arcabouço normativo e ético; a economia circular oferece a estratégia operacional para transformar cadeias produtivas; e o ESG cria o mecanismo de governança que institucionaliza essas práticas no setor privado. Ostrom (2009) salienta que a sustentabilidade de longo prazo depende tanto do monitoramento e da fiscalização quanto do fato de essas regras não serem anuladas por políticas governamentais de maior escala.

Esses três pilares, portanto, não devem ser entendidos como agendas isoladas. Ao contrário, eles formam uma estrutura interdependente que orienta a transição para modelos econômicos compatíveis com os limites planetários e com as demandas sociais contemporâneas. À medida que riscos climáticos, geopolíticos e socioambientais se intensificam, conforme mostrado nos relatórios internacionais (IPBES, 2019; IPCC, 2022) a integração entre sustentabilidade, circularidade e governança ESG torna-se condição indispensável para organizações que buscam resiliência, legitimidade e competitividade em longo prazo.

2.1.1.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento Corporativo

A incorporação da sustentabilidade ao desenvolvimento corporativo representa uma das transformações mais significativas no campo da gestão empresarial nas últimas décadas. Tendências como o crescimento de organizações não governamentais e movimentos sociais (por exemplo, *Occupy Wall Street* de 2011) mostram que o público deixou de aceitar empresas focadas apenas na maximização do lucro de curto prazo. Essa mudança reflete não apenas novas exigências regulatórias e pressões de *stakeholders* (as partes interessadas, como investidores, consumidores, órgãos governamentais e instituições multilaterais), mas também uma reconfiguração profunda do entendimento sobre o papel das organizações na sociedade contemporânea e nos sistemas ecológicos que sustentam a atividade econômica (ECCLES, PERKINS e SERAFEIM, 2012).

As pessoas esperam que as corporações considerem necessidades humanas mais amplas. Conforme Eccles, Perkins e Serafeim (2012), pesquisas indicam que um número crescente de empresas está percebendo essa mudança e passou a considerar estratégias de sustentabilidade essenciais para a competitividade com evidências empíricas dessa tendência. Essas evidências devem demonstrar que as empresas de “alta sustentabilidade” tiveram desempenho significativamente superior ao das demais, tanto em métricas de mercado quanto em indicadores contábeis.

O número de empresas que desenvolveram processos de governança para medir, analisar, conduzir e comunicar esforços de sustentabilidade

aumentou dramaticamente nos últimos anos, tratando-se de uma tendência global. Conforme explicam Ioannou e Serafeim (2019) esses avanços decorrem, em parte, do resultado de ações voluntárias de empresas e, em muitos casos, de regulações. Os autores relatam que a porcentagem de empresas do S&P 500, um dos principais índices do mercado de ações dos EUA, que possuem comitês de sustentabilidade em nível de conselho aumentou de 5% para 24% apenas nos últimos cinco anos; no mesmo período, a proporção de empresas que publicam relatórios de sustentabilidade cresceu de 20% para 80%.

O princípio fundamental que orienta essa integração decorre da percepção, já presente no Relatório “Brundtland”, de que a viabilidade econômica de longo prazo depende da capacidade das empresas de operar dentro dos limites ambientais e sociais do planeta (WCED, 1987). Nesse sentido, a sustentabilidade corporativa não se limita ao cumprimento normativo, mas envolve a redefinição estratégica dos modelos de negócio para a criação de valor compartilhado.

A gestão e estratégia destacam que empresas capazes de integrar critérios ambientais, sociais e de governança a seus processos decisórios tendem a desenvolver maior resiliência frente a riscos sistêmicos, como mudanças climáticas, escassez de recursos naturais e volatilidade de mercado (PORTER & KRAMER, 2011; HART & MILSTEIN, 2003).

Em 1994, John Elkington cunhou o termo *Triple Bottom Line* (TBL), ou tripé da sustentabilidade. No final da década de 1990, o termo TBL ganhou grande projeção e tornou-se pilar da sustentabilidade corporativa moderna, influenciando diretamente conceitos posteriores como ESG e Economia Circular, servindo como fundamento para a ideia de que empresas devem gerar valor compartilhado e operar de forma alinhada ao desenvolvimento sustentável (ELKINGTON, 1997).

O termo TBL foi criado com base nos resultados de uma pesquisa com especialistas internacionais em Responsabilidade Social Corporativa (RSC) e Desenvolvimento Sustentável (DS) para ampliar a noção de desempenho corporativo para além do lucro financeiro. É referência internacional em responsabilidade social e desenvolvimento sustentável ao propor que empresas devem medir resultados em três dimensões (ELKINGTON, 1997):

a) Econômica (*Profit*) - Refere-se ao desempenho financeiro, eficiência operacional, geração de riqueza e longevidade da empresa. O TBL não rejeita o lucro, mas o integra a uma visão mais ampla de responsabilidade;

b) Ambiental (*Planet*) - Envolve o impacto ecológico das operações, uso eficiente de recursos, redução de emissões, prevenção da poluição, gestão de resíduos e preservação dos ecossistemas. O TBL entende que empresas são parte de um sistema natural;

c) Social (*People*) - Inclui relações de trabalho, direitos humanos, segurança, diversidade, condições dignas, investimentos na comunidade e efeitos sociais das decisões empresariais.

Esse arcabouço conceitual consolidou a compreensão de que o desempenho empresarial deve ser avaliado de forma que rompa com a visão tradicional de maximização exclusiva do lucro de curto prazo. A partir dessa abordagem, o desenvolvimento corporativo sustentável passa a ser interpretado como um processo que combina eficiência econômica, responsabilidade socioambiental e inovação tecnológica orientada à redução de impactos e ao fortalecimento da competitividade (ELKINGTON, 1997).

O avanço da agenda climática global intensificou esse movimento, sobretudo após o Acordo de Paris (UNFCCC, 2015) e os relatórios científicos do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), que evidenciam a urgência da descarbonização das atividades produtivas para limitar o aquecimento global a 1,5°C (IPCC, 2022).

Os *stakeholders* passaram a exigir maior transparência e responsabilidade, impulsionando o surgimento de estruturas normativas como o *Task Force on Climate-related Financial Disclosures* (TCFD, 2017) e, posteriormente, os padrões internacionais de relato financeiro sustentável IFRS S1 e IFRS S2 (IFRS Foundation, 2023). Esses instrumentos reforçam que a sustentabilidade deixou de ser um diferencial reputacional e passou a constituir um elemento estruturante da governança corporativa e da avaliação de riscos financeiros.

Nesse cenário, políticas públicas domésticas também desempenham papel central ao orientar o comportamento empresarial. No Brasil, instrumentos como PNRS (Lei nº 12.305/2010), o Cadastro Ambiental Rural (Lei nº 12.651/2012) e o recente Decreto nº 11.075/2022, que estabelece diretrizes para

o mercado regulado de carbono, configuram marcos normativos que exigem das organizações ações concretas de gestão ambiental, circularidade e redução de emissões. Ao mesmo tempo, mecanismos econômicos, como o CCRLR, conectam sustentabilidade corporativa e inovação regulatória, evidenciando a tendência global de integrar instrumentos de mercado às políticas ambientais.

O desenvolvimento corporativo sustentável também se relaciona diretamente à capacidade das empresas de inovar e transformar seus modelos de negócio em direção a práticas mais eficientes no uso de recursos naturais. Hart (1995) propõe a *Natural Resource-Based View* (NRBV), segundo a qual a gestão estratégica dos recursos ambientais — por meio da prevenção da poluição, do uso eficiente de recursos e da criação de tecnologias limpas — constitui fonte de vantagem competitiva de longo prazo. Essa teoria encontra respaldo empírico em estudos que demonstram que empresas com elevados padrões ambientais tendem a apresentar melhor desempenho financeiro ajustado ao risco, maior capacidade de atração de investimentos e relações mais sólidas com *stakeholders* (CLARK, FEINER & VIEHS, 2015; FRIEDE, BUSCH & BASSEN, 2015).

Esty e Winston (2009) argumentam que a sustentabilidade ambiental pode ser integrada ao *core business* (negócio principal da empresa) como um vetor de competitividade. Os autores propõem a ideia de que empresas “verdes inteligentes” utilizam a gestão ambiental como: instrumento de redução de riscos (*risk management*); plataforma de inovação tecnológica e de processos; forma de diferenciação de mercado; mecanismo de eficiência de recursos e redução de custos; elemento de governança corporativa voltado à criação de valor.

A sustentabilidade corporativa demanda estruturas de governança robustas, capazes de incorporar métricas socioambientais ao processo decisório. A governança orientada à sustentabilidade envolve não apenas *compliance* regulatório (observância de regulamentos), mas também planejamento estratégico, gestão de riscos, *due diligence* (auditoria prévia) socioambiental, engajamento de partes interessadas e mecanismos de auditoria e transparência. Estudos recentes mostram que conselhos de administração com maior diversidade e especialização ambiental tendem a adotar políticas mais rigorosas de sustentabilidade e a desenvolver estratégias de longo prazo

mais consistentes (ECCLES & KLIMENKO, 2019; KHAN, SERAFEIM & YOON, 2016).

É essencial promover práticas empresariais responsáveis entre empresas nacionais e internacionais. A divulgação obrigatória de informações é uma forma de promover padrões elevados e garantir responsabilização. Os governos precisarão melhorar o ambiente de políticas e regulamentações para a criação e o crescimento de empresas, bem como para a promoção de investimentos que gerem empregos (ARAKAWA *et al.*, 2014).

Portanto, sustentabilidade e desenvolvimento corporativo não devem ser compreendidos como agendas paralelas, mas como dimensões interdependentes de um mesmo processo de transformação empresarial. Em um contexto de acelerada mudança climática, perda de biodiversidade, pressões regulatórias e crescente integração entre mercados financeiros e métricas socioambientais, a sustentabilidade torna-se componente estrutural da competitividade, da legitimidade e da continuidade das organizações. Mais do que uma resposta às demandas externas, ela representa uma estratégia de desenvolvimento capaz de alinhar performance econômica, estabilidade institucional e preservação dos sistemas ecológicos que sustentam a vida e a economia.

2.1.1.2 Economia Circular (EC) e Gestão de Resíduos

O conceito de EC, embora consolidado nas últimas décadas, tem raízes em teorias ecológicas e termodinâmicas desenvolvidas desde a segunda metade do século XX. A ecologia industrial, por exemplo, defende a analogia entre sistemas industriais e ecossistemas naturais, nos quais os resíduos de um organismo funcionam como recursos para outro (FROSCH & GALLOPOULOS, 1989).

A Ecologia Industrial é definida por Sarkis (2003) como um quadro sistemático de organização para as diversas facetas da gestão ambiental, considerando o mundo industrial como um sistema natural que abrange parte dos ecossistemas locais e da biosfera global. A ecologia industrial oferece uma compreensão fundamental do valor de modelar o sistema industrial com base nos ecossistemas, a fim de alcançar um desempenho ambiental sustentável. Um

ecossistema de ecologia industrial possui três níveis caracterizados pela quantidade de reciclagem ou reutilização de materiais que ocorre dentro do sistema (ou pelo grau de “abertura” do sistema). O autor descreve os níveis da seguinte maneira (SARKIS, 2003, p. 398):

O primeiro nível é um sistema completamente fechado, no qual nenhum material ou energia deixa o sistema.
O segundo nível é caracterizado por algum grau de reutilização de energia e materiais dentro do sistema.
O terceiro nível é um sistema completamente aberto, no qual quase nenhum material ou energia, após consumido, permanece dentro do sistema.

O segundo nível parece ser o modelo mais aplicável aos sistemas reais para Sarkis (2003). Segundo ele, é dentro desses modelos de ecossistemas industriais que as cadeias de suprimentos verdes desempenharão um papel crítico e prático.

Da mesma forma, a teoria do metabolismo social, associada a autores como Fischer-Kowalski e Haberl (2007), evidencia as interações entre sistemas socioeconômicos e fluxos materiais, enfatizando que a sustentabilidade exige uma redução significativa da demanda por materiais e energia. Tais abordagens convergem para a compreensão de que a circularidade não se limita ao ciclo técnico dos materiais, mas envolve mudanças estruturais no design de produtos, nos modelos de negócio, nas políticas públicas e no comportamento dos consumidores (GEISSDOERFER *et al.*, 2017).

Pearce e Turner (1990) introduziram o conceito de EC ao argumentarem que a economia tradicional funciona como um sistema de fluxo aberto, sem mecanismos internos de reciclagem, tratando o meio ambiente como depósito de resíduos. Com base na primeira lei da termodinâmica, esses autores defenderam que a economia deveria ser vista como um sistema fechado, no qual recursos e resíduos permanecem em circulação.

Os pesquisadores Kirchherr, Reike e Hekkert (2017) realizaram um estudo que analisou 114 definições de Economia Circular. Com base na análise, os autores propõem uma definição consolidada de Economia Circular, entendida como: “Um sistema econômico que substitui o conceito de “fim de vida útil” por reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar materiais nos processos de produção, distribuição e consumo “. (KIRCHHERR, REIKE e HEKKERT, 2017, p.224). Para eles a adoção de uma conceituação deliberada e consistente é essencial

para orientar estudos e políticas públicas que realmente conduzam à mudança sistêmica proposta pela Economia Circular.

Nesse sentido, a economia circular constitui um dos pilares centrais da transição para modelos de desenvolvimento compatíveis com os limites ecológicos do planeta. Sua aplicação na gestão de resíduos representa não apenas um instrumento de mitigação de impactos ambientais, mas também uma estratégia de reorganização produtiva, baseada na valorização de materiais, na otimização de recursos e na reconfiguração dos fluxos econômicos. Em contraste com o modelo linear dominante — marcado pela sequência “extrair, produzir, consumir e descartar” — a economia circular propõe ciclos produtivos regenerativos, capazes de prolongar a vida útil dos materiais, reduzir a necessidade de extração de recursos virgens e transformar resíduos em insumos para novos processos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013).

A EC opera nos níveis micro (produtos, empresas, consumidores), meso (parques ecoindustriais) e macro (cidades, regiões, nações), com o objetivo de promover desenvolvimento sustentável, conciliando qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social. É viabilizada por novos modelos de negócio e por consumidores responsáveis (KIRCHHERR, REIKEE e HEKKERT, 2017).

A taxonomia de modelos de negócios circulares formulada por De los Rios e Charnley (2016) enfoca os potenciais ganhos econômicos associados, como fluxos de valor, fontes de receita e atividades essenciais ao fechamento de ciclos. A escolha dessa taxonomia demonstra que um modelo de negócio circular fundamenta-se na criação de valor a partir do aproveitamento do valor econômico remanescente em produtos pós-uso, incorporando-o em novas ofertas.

Moreno *et al.* (2016) analisam que a economia circular é resultado da convergência de múltiplas escolas de pensamento, destacando-se: *cradle to cradle* (berço ao berço), ecologia industrial, biomimética, economia azul, capitalismo natural, simbiose industrial e economia da performance. Esse conjunto de abordagens, embora diverso, apresenta fundamentos complementares que sustentam o desenvolvimento de modelos de negócios orientados à circularidade.

A Ellen MacArthur Foundation (2016) reconhece que essas escolas de pensamento são complementares e, por isso, propõe três princípios fundamentais para a transição rumo a uma economia circular:

Princípio 1: Preservar e melhorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando fluxos de recursos renováveis; o que significa que tecnologias e processos devem ser escolhidos com cuidado de acordo com seu uso de recursos renováveis ou de melhor desempenho.

Princípio 2: Otimizar o rendimento dos recursos circulando produtos, componentes e materiais com a mais alta utilidade possível em todos os momentos, tanto nos ciclos técnicos quanto nos biológicos; isso significa projetar para remanufatura, recondicionamento e reciclagem, a fim de manter componentes e materiais técnicos circulando na economia, preservando a energia incorporada e outros valores. Também se refere a incentivar que nutrientes biológicos como compostagem, digestão anaeróbia, etc. retornem à biosfera da forma mais segura possível, tornando-se insumos valiosos para um novo ciclo.

Princípio 3: Promover a eficácia do sistema ao revelar e eliminar externalidades negativas; isso inclui reduzir danos à utilidade humana, como os relacionados a alimentação, mobilidade, moradia, educação, saúde e entretenimento, além de gerenciar externalidades como uso do solo, poluição do ar, da água e ruído, liberação de substâncias tóxicas e mudanças climáticas.

Elkington e Rowlands (1999) constatarem que, por mais que uma empresa individual possa avançar em termos de ecoeficiência, no fim das contas a sustentabilidade dependerá do progresso de concentrações inteiras de indústrias, cadeias de valor completas e economias como um todo. Como resultado, observa-se um interesse crescente na oferta de ecoinfraestrutura, como exemplificado no conceito de Parque Ecoindustrial (PEI). A ideia central é que, ao compartilhar recursos, seja por meio de produção energética eficiente ou de sistemas avançados de gestão de resíduos, as empresas podem aumentar significativamente a ecoeficiência geral de uma economia local ou regional.

A implementação prática da EC começou em 1996 na Alemanha, com a Lei do Ciclo Fechado de Substâncias e Gestão de Resíduos, que consolidou um sistema de gestão de resíduos mais eficiente e ambientalmente seguro. No Japão, a adoção da EC ganhou força com a Lei Básica para o Estabelecimento

de uma Sociedade de Reciclagem, de 2002, que estabeleceu metas de reciclagem e redução do uso de materiais. Tanto na Alemanha quanto no Japão, essas políticas de EC tiveram como principal objetivo evitar a degradação ambiental e preservar recursos escassos por meio de sistemas avançados de gestão integrada de resíduos sólidos (SU *et al.*, 2013)

No campo da gestão de resíduos, a EC representa uma ruptura paradigmática importante. Políticas tradicionais de gerenciamento baseiam-se em hierarquias que priorizam a não geração, seguida pela redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final — diretrizes presentes em marcos históricos, como a Diretiva Europeia de Resíduos (EUROPEAN COMMISSION, 2008) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) no Brasil. A economia circular reforça essa hierarquia, mas adiciona uma dimensão sistêmica que articula inovação tecnológica, responsabilidade compartilhada e instrumentos econômicos para estimular a circularidade. Modelos como *product-as-a-service* (produtos como um serviço), logística reversa, simbiose industrial e design para desmontagem são exemplos de estratégias que buscam eliminar a geração de resíduos desde a concepção do produto (BOCKEN *et al.*, 2016).

Stahel (2016, p. 531, tradução nossa) afirma que existem três tipos de economia industrial: linear, circular e de performance. Para ele:

Uma economia linear flui como um rio, transformando recursos naturais em matérias-primas e produtos para venda por meio de uma série de etapas de agregação de valor. No momento da venda, a propriedade e a responsabilidade pelos riscos e resíduos passam para o comprador (que agora é proprietário e usuário). O proprietário decide se pneus usados serão reutilizados ou reciclados — como sandálias, cordas ou para-choques — ou descartados. A economia linear é impulsionada pela síndrome do “maior-melhor-mais rápido-mais seguro” — em outras palavras, pela moda, emoção e progresso. Ela é eficiente para superar a escassez, mas pródiga no uso de recursos em mercados frequentemente saturados. As empresas ganham dinheiro vendendo grandes volumes de produtos baratos e atraentes.

Uma economia circular é como um lago. O reprocessamento de bens e materiais gera empregos e economiza energia, ao mesmo tempo que reduz o consumo de recursos e a geração de resíduos. Lavar uma garrafa de vidro e reutilizá-la é mais rápido e mais barato do que reciclar o vidro ou fabricar uma nova garrafa a partir de minerais. Os proprietários de veículos podem decidir se consertam ou recauchutam seus pneus usados, ou se compram substitutos novos ou reformados — se tais serviços existirem. Em vez de serem descartados, os pneus usados são coletados por gestores de resíduos e vendidos ao maior comprador.

Uma economia de performance vai além ao vender bens (ou moléculas) como serviços, por meio de modelos de negócio baseados em aluguel, leasing e compartilhamento. O fabricante mantém a propriedade do produto e dos recursos nele incorporados, assumindo, portanto, a responsabilidade pelos custos associados aos riscos e resíduos. Além de focar

em design e reutilização, a economia de performance concentra-se em soluções em vez de produtos e obtém lucro a partir da suficiência, como a prevenção de resíduos.”

A gestão convencional de resíduos é orientada pela minimização dos custos de coleta e disposição, seja em aterros, reciclagem ou incineração. Em uma economia circular, o objetivo é maximizar o valor em cada etapa da vida de um produto. Novos empregos serão criados, e sistemas específicos são necessários em cada fase (STAHEL, 2016).

A gestão de resíduos sólidos, quando orientada pela circularidade, deixa de ser uma atividade meramente operacional e passa a integrar a estratégia produtiva das organizações. Estudos demonstram que investimentos em circularidade podem reduzir custos de produção, melhorar eficiência energética e promover vantagem competitiva, especialmente nos setores de manufatura, embalagens, alimentos, construção civil e tecnologia (KIRCHHERR, REIKE & HEKKERT, 2017).

Para viabilizar cadeias de suprimentos circulares e fortalecer a reutilização de materiais na construção civil, Leising, Quist e Bocken (2018) propõem duas estratégias complementares: (i) a adoção de sistemas de take-back (devolução) pelos fornecedores, especialmente para produtos de curta vida útil; e (ii) a criação de um mercado estruturado de materiais voltado a produtos, componentes e recursos de longa durabilidade, que possam ser facilmente transferidos entre canteiros de demolição e projetos de (re)desenvolvimento. Essas medidas favorecem a manutenção do valor dos materiais ao longo do tempo e reduzem a geração de resíduos no setor.

Por sua vez, Bongers e Casas (2022) sustentam que a melhoria da qualidade ambiental depende, fundamentalmente, do aumento das taxas de reciclagem, compreendida como um dos pilares centrais da economia circular. Segundo os autores, ampliar a reciclagem é condição essencial para reduzir a extração de recursos naturais e minimizar impactos ambientais associados ao descarte inadequado.

A EC também se conecta diretamente ao enfrentamento da crise climática: estima-se que mais de 45% das emissões globais de gases de efeito estufa decorrem da produção de materiais, alimentos e bens de consumo, e que práticas de circularidade — como reciclagem, reutilização e prolongamento do

ciclo de vida — podem reduzir significativamente essas emissões (CIRCLE ECONOMY, 2023; IPCC, 2022).

No contexto brasileiro, a implementação da economia circular avança articulada a instrumentos de política pública e mecanismos econômicos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabeleceu bases fundamentais como responsabilidade compartilhada, logística reversa e a priorização da reciclagem, induzindo setores produtivos a reestruturarem suas cadeias. O Decreto nº 11.413/2023, ao regulamentar o Certificado de Crédito de Reciclagem, reforça o uso de instrumentos econômicos para financiar a reciclagem e promover círculo virtuoso entre empresas, cooperativas e operadores de reciclagem (BRASIL, 2023).

O funcionamento da logística reversa pode ser motivado por razões ambientais, econômicas ou de atendimento ao cliente. O princípio da responsabilidade compartilhada reforça a necessidade de sistemas estruturados, especialmente diante do avanço de legislações específicas de gestão de resíduos. Nos países em desenvolvimento, onde a logística reversa ainda é incipiente, prevalece o modelo linear “extrair–produzir–descartar”, que, embora estimule o crescimento econômico, gera impactos ambientais e sociais significativos. Esse paradigma, baseado no uso inadequado de recursos e no descarte indevido, compromete a competitividade das organizações e precisa ser superado para viabilizar práticas sustentáveis (SONAR *et al.*, 2024).

A circularidade depende de um conjunto amplo de fatores institucionais, tecnológicos e sociais. A falta de infraestrutura para coleta seletiva, a informalidade no setor de resíduos, a baixa taxa de reciclagem de materiais como plásticos e eletrônicos e a ausência de incentivos econômicos consistentes são barreiras recorrentes em países em desenvolvimento (GHISELLINI, CIALANI & ULGIATI, 2016). No Brasil, a centralidade das cooperativas de catadores — reconhecida em estudos nacionais e internacionais (DIAS, 2016; GUTBERLET, 2018) — evidencia a necessidade de modelos que combinem circularidade, inclusão social e fortalecimento da economia solidária, ampliando a eficácia dos sistemas de logística reversa e valorização de materiais.

Para SU *et al.* (2013), a EC promove um ciclo contínuo de desenvolvimento positivo que preserva e melhora o capital natural, otimiza o uso de recursos e reduz riscos sistêmicos, gerenciando estoques finitos e fluxos

renováveis. Esse modelo tem potencial para enfrentar vários desafios complexos do século XXI, como perda de biodiversidade, mudanças climáticas, escassez de recursos, estresse hídrico, crescimento populacional, conflitos por energia e recursos, tensões geopolíticas, violações de direitos humanos e crises econômicas.

A EC e a gestão de resíduos tornam-se elementos estruturantes de uma estratégia de desenvolvimento sustentável. Ao transformar resíduos em recursos, reduzir pressões sobre ecossistemas e estimular novos modelos produtivos baseados na inovação e na eficiência, a circularidade contribui para a transição a uma economia de baixo carbono e para o alcance de metas globais como os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (UN, 2015) e os compromissos climáticos estabelecidos pelo Acordo de Paris. Mais do que uma alternativa ambientalmente responsável, trata-se de uma abordagem integrada que redefine o papel das empresas, dos governos e da sociedade na construção de sistemas produtivos capazes de operar dentro dos limites planetários.

2.1.1.3 As práticas ESG e a governança empresarial

A consolidação das práticas ESG como eixo estruturante da gestão corporativa representa uma das transformações mais profundas e aceleradas no campo dos negócios desde o advento da responsabilidade social corporativa. O termo ESG foi popularizado pelo relatório *Who Cares Wins* (UN Global Compact, 2004), fruto de uma iniciativa conjunta entre a ONU e instituições financeiras internacionais, que buscava integrar fatores ambientais, sociais e de governança às análises de risco e aos processos de tomada de decisão do mercado de capitais. Desde então, as práticas ESG deixaram de constituir iniciativas voluntárias e periféricas, assumindo um papel estratégico na governança empresarial e na criação de valor de longo prazo.

Embora discussões técnicas sobre externalidades e formulação de políticas dominem o debate sobre sustentabilidade, o verdadeiro desafio da transição está em desenvolver uma mentalidade integrada (*integrated thinking*) e implementar uma gestão de transição eficaz. O pensamento integrado combina as dimensões financeira, social e ambiental, transformando o valor integrado no

novo padrão para decisões de negócios e investimentos (SCHOENMAKER, SCHRAMADE, 2018).

Doppelt (2017) propõe um processo de mudança organizacional que inicia-se pela revisão da lógica dominante centrada exclusivamente na utilidade econômica. Historicamente, a sociedade evoluiu de um contexto de abundância de recursos naturais para um modelo industrial que, embora tenha ampliado a prosperidade e impulsionado o crescimento econômico e demográfico, também intensificou desigualdades sociais e pressões ambientais. A produção em massa, sustentada pelo uso intensivo de combustíveis fósseis, resultou em jornadas extenuantes, baixos salários e exploração do trabalho infantil, o que motivou a criação gradual de regulações sociais voltadas ao trabalho digno, educação e saúde.

A lógica subjacente ao ESG reconhece que a performance financeira de uma organização está diretamente vinculada à sua capacidade de gerir impactos e dependências ambientais, de manter relações sociais justas e de operar sob estruturas de governança transparentes e responsáveis. Diversos estudos demonstram que empresas com maior maturidade em ESG apresentam desempenho superior em métricas financeiras ajustadas ao risco, bem como maior resiliência frente a crises econômicas e ambientais (FRIEDE, BUSCH & BASSEN, 2015; CLARK, FEINER & VIEHS, 2015).

Investidores institucionais, como fundos soberanos, fundos de pensão e grandes gestoras de ativos, passaram a adotar critérios ESG como elemento essencial para análise de risco sistêmico, alocação de capital e precificação de ativos, ampliando a relevância estratégica dessas práticas no ambiente corporativo (ECCLES & KLIMENKO, 2019). No eixo ambiental, as práticas ESG envolvem a gestão das emissões de gases de efeito estufa, uso eficiente de recursos naturais, mitigação dos impactos sobre a biodiversidade, controle da poluição e adoção de modelos circulares de produção e consumo. A intensificação dos riscos climáticos, evidenciada pelos relatórios do *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC (IPCC, 2022), elevou a materialidade dos temas ambientais para as corporações, especialmente em setores intensivos em carbono, recursos naturais e energia. A adoção de métricas, inventários e metas baseadas em ciência, como as *Science Based Targets*, tornou-se elemento central na governança climática das empresas.

No eixo social, o ESG abrange dimensões relacionadas a direitos humanos, condições de trabalho, diversidade e inclusão, saúde e segurança ocupacional, relações com comunidades e cadeia de suprimentos. As empresas com práticas sociais robustas obtêm ganhos em reputação, atração de talentos e estabilidade operacional, especialmente em cadeias produtivas globalizadas e complexas (KOTSANTONIS, PINNEY & SERAFEIM, 2016). No Brasil, temas como trabalho escravo contemporâneo, impacto sobre povos indígenas, equidade de gênero e inclusão racial assumem relevância crescente nas análises de materialidade e nos processos de *Due Diligence* socioambiental.

O eixo de governança — frequentemente apontado como o pilar mais estruturante do ESG — refere-se aos mecanismos institucionais que orientam a condução ética, transparente e responsável das organizações. Entre seus elementos centrais estão: estrutura e composição do conselho de administração, sistemas de controles internos, *compliance*, gestão de riscos, políticas anticorrupção, auditoria independente, remuneração executiva e o engajamento com stakeholders. Estudos empíricos mostram que conselhos mais diversos e com expertise socioambiental tendem a adotar agendas ESG mais ambiciosas e eficazes (POST, RAHMAN & RUBOW, 2011; HAWN & IOANNOU, 2016). Ademais, crises corporativas recentes — como escândalos de corrupção, fraudes contábeis e desastres ambientais — reforçaram o papel da governança como barreira contra riscos reputacionais e financeiros.

A consolidação do ESG como referência global foi acompanhada pelo desenvolvimento de padrões normativos e estruturas (*frameworks*) internacionais voltados à divulgação, mensuração e auditoria de dados socioambientais. Entre os mais utilizados estão o *Global Reporting Initiative* (GRI), a *Sustainability Accounting Standards Board* (SASB), o *Task Force on Climate-related Financial Disclosures* (TCFD) e, mais recentemente, as normas *IFRS S1* e *IFRS S2*, que instituem um padrão global de reporte de sustentabilidade no âmbito da IFRS Foundation (IFRS, 2023). Esses instrumentos reforçam a necessidade de transparência e comparabilidade, elementos essenciais para a credibilidade do ESG no mercado financeiro e na governança corporativa.

No contexto brasileiro, o avanço regulatório foi significativo. A Comissão de Valores Mobiliários (CVM) aprovou a Resolução nº 193/2023, que incorpora

as normas IFRS S1 e S2 ao mercado de capitais nacional, tornando obrigatória a divulgação de informações de sustentabilidade e riscos climáticos para companhias abertas. Paralelamente, a Lei nº 12.846/2013 (Lei Anticorrupção) e o Decreto nº 11.129/2022 fortaleceram o ambiente de governança, ao passo que a PNRS e mecanismos como o Certificado de Crédito de Reciclagem reforçam o elo entre ESG, economia circular e desempenho socioambiental corporativo.

O interesse do mercado pelo desempenho das empresas em critérios ambientais, sociais e de governança (ESG) está aumentando, e isso tem levado as próprias empresas a dar mais atenção a essas dimensões e à sua relação com o desempenho financeiro. O maior desafio para investidores e empresas é a falta de padrões claros para medir e divulgar informações ESG. Outro desafio é identificar quais dimensões são realmente materiais para gerar valor de longo prazo para acionistas e demais *stakeholders*. A definição de materialidade e de padrões de reporte ESG deve ser feita setor por setor. Sem essa especificação, as divulgações podem ser inconsistentes ou até enganosas (ECCLES *et al.*, 2012).

As questões sociais e ambientais devem ser integradas aos modelos econômicos. No entanto, esses modelos continuam limitados ao capital e ao trabalho, sem considerar os bens e serviços fornecidos pela natureza. Sabidamente, as empresas desempenham um papel fundamental na transição para uma economia sustentável. Por isso, é importante ampliar seu objetivo de valor para o acionista (*shareholder value*) para valor para as partes interessadas (*stakeholder value*), integrando dimensões financeiras, sociais e ambientais. Em suma, a sustentabilidade precisa ser incorporada às finanças tradicionais (SCHOENMAKER e SCHRAMADE, 2018).

Contudo, as organizações são frequentemente hierárquicas e presas a modos tradicionais de operar; por isso, desenvolver capacidades para o desenvolvimento sustentável pode ser difícil nesses contextos. (SCHOENMAKER e SCHRAMADE, 2018). Assim, práticas ESG e governança empresarial não podem ser compreendidas isoladamente. Trata-se de um sistema integrado que orienta a tomada de decisões estratégicas, a gestão de riscos e a transparência corporativa. O ESG representa uma mudança paradigmática: desloca a sustentabilidade do plano discursivo para o centro da governança e da estratégia corporativa, fundamentando-se em evidências

empíricas, em compromissos regulatórios e em expectativas de investidores e sociedade. Em um ambiente de intensificação das crises climáticas, sociais e institucionais, empresas que incorporam práticas ESG robustas tendem a apresentar maior competitividade, legitimidade e resiliência.

2.1.2 INSTRUMENTOS DE POLÍTICA AMBIENTAL NO BRASIL

A formulação e implementação de instrumentos de política ambiental no Brasil constituem um processo histórico que combina avanços normativos, evolução institucional e crescente integração entre economia, gestão pública e proteção dos recursos naturais.

Margulis (1996) argumenta que a degradação ambiental seria ainda mais intensa caso os governos não tivessem adotado normas e incentivos para enfrentar as ameaças direcionadas ao meio ambiente. O autor destaca que diferentes países utilizam variados tipos de instrumentos na tomada de decisões relacionadas às questões ambientais. No âmbito da poluição industrial e urbana, esses instrumentos são geralmente classificados em duas categorias principais: os instrumentos regulatórios, conhecidos como instrumentos de comando e controle (ICC), e os instrumentos econômicos ou de mercado (IM). Esses últimos baseiam-se nas forças de mercado e na alteração dos preços relativos para induzir mudanças no comportamento dos poluidores e usuários de recursos, promovendo a internalização dos custos ambientais em suas decisões.

Os instrumentos econômicos podem ser ferramentas utilizadas por formuladores de políticas para alcançar metas ambientais, estimulando comportamentos e tecnologias sustentáveis ou desincentivando práticas prejudiciais ao meio ambiente. Sua lógica baseia-se na correção de falhas de mercado, uma vez que custos e benefícios ambientais, as chamadas externalidades, raramente são incorporados à economia formal (KENNY *et al.*, 2011).

Esses instrumentos integram um conjunto mais amplo de políticas ambientais, que também inclui mecanismos de informação, instrumentos voluntários e regulamentações de comando e controle. Embora estas últimas sejam historicamente as mais utilizadas e eficazes, especialmente em situações

que exigem proibições ou limites específicos, os instrumentos econômicos podem complementar tais abordagens, ampliando sua efetividade. Tradicionalmente empregados para prevenir externalidades negativas por meio de impostos, regulações ou aplicação do princípio do poluidor-pagador, esses instrumentos passaram, nas últimas décadas, a estimular externalidades positivas por meio de incentivos financeiros, subsídios e programas ambientais, como os regimes agroambientais (MAYRAND; PAQUIN, 2004).

Desde a década de 1980, com a consolidação das bases jurídicas trazidas pela Constituição Federal de 1988, o país adotou um conjunto diversificado de instrumentos regulatórios, econômicos, participativos e de planejamento pertinentes à prevenção, controle e mitigação de impactos ambientais. Esses instrumentos estruturam a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei nº 6.938/1981, que inaugurou princípios como o poluidor-pagador, o usuário-pagador, a responsabilidade objetiva e a gestão integrada dos recursos naturais (MACHADO, 2025).

A PNMA estabeleceu um paradigma fundamental ao reconhecer que a proteção ambiental exige não apenas normas proibitivas, mas um sistema articulado de instrumentos capazes de orientar comportamentos de indivíduos, empresas e governos (MILARÉ, 2014). Entre esses instrumentos, destacam-se: o licenciamento ambiental; a avaliação de impacto ambiental (AIA); o zoneamento ambiental; a criação de padrões de qualidade; o sistema de informações ambientais; e os mecanismos econômicos para incentivo à conservação.

A construção desse arcabouço ocorreu paralelamente ao desenvolvimento global da política ambiental, influenciada por marcos como o Relatório “Brundtland” (WCED, 1987), a Conferência Rio-92 e as Convenções da Biodiversidade (CDB, 1992) e do Clima (UNFCCC, 1992).

O licenciamento ambiental, considerado um dos principais instrumentos de comando e controle, tornou-se mecanismo central para a regulação das atividades potencialmente poluidoras (FIORILLO, 2025). No Brasil, sua operacionalização foi normatizada pela Resolução CONAMA nº 237/1997 e, mais recentemente, pelas regulações estaduais e pelo Decreto nº 10.936/2022, que atualizou o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

A avaliação de impacto ambiental, por sua vez, institucionalizada pela Resolução CONAMA nº 001/1986, estabelece diretrizes para que empreendimentos avaliem efeitos significativos sobre o meio ambiente. A AIA é um instrumento preventivo essencial para a gestão pública e privada, uma vez que integra a análise ambiental ao processo de tomada de decisão (GLASSON, THERIVEL & CHADWICK, 2012).

Além dos instrumentos de comando e controle, o Brasil incorporou instrumentos econômicos, alinhados às tendências internacionais de internalização das externalidades ambientais. Esses mecanismos incluem taxas, tarifas, sistemas de compensação ambiental, pagamento por serviços ambientais (PSA), incentivos tributários e instrumentos de mercado, como créditos de carbono e créditos de reciclagem. O PSA ganhou tratamento normativo estruturado com a Lei nº 14.119/2021, que estabeleceu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, incentivando a conservação de vegetação nativa, a manutenção de recursos hídricos e a proteção da biodiversidade (PAGIOLA *et al.*, 2016).

Instrumentos de planejamento e ordenamento territorial também ocupam posição estratégica na política ambiental brasileira. O zoneamento ecológico-econômico (ZEE), previsto na PNMA e detalhado pelo Decreto nº 4.297/2002, integra variáveis ecológicas, sociais e econômicas para orientar o uso do território e a alocação de atividades produtivas de acordo com sua vocação ambiental. Associado a esse instrumento, o Cadastro Ambiental Rural (CAR), instituído pelo Código Florestal de 2012 (Lei nº 12.651/2012), tornou-se ferramenta essencial para gestão e regularização ambiental dos imóveis rurais, permitindo monitoramento remoto, identificação de passivos e cumprimento de obrigações relacionadas à vegetação nativa (MACHADO, 2025).

Outro pilar dos instrumentos de política ambiental é a participação social como mecanismo de legitimação e controle democrático. Conselhos de meio ambiente, audiências públicas, consultas prévias e o acesso à informação — regido pela Lei nº 12.527/2011 — contribuem para fortalecer a governança ambiental e assegurar que decisões envolvendo riscos ambientais sejam tomadas de forma transparente e inclusiva (BRASIL, 2011).

Essa estrutura dialoga com os princípios estabelecidos na Declaração do Rio de 1992, especialmente o Princípio 10, que destaca que “o melhor modo de

tratar as questões ambientais é assegurar a participação de todos os cidadãos interessados” (ONU, 1992). Também se articula com o Acordo de Escazú (2018), primeiro tratado internacional dedicado a direitos de acesso à informação, participação pública e proteção de defensores ambientais, que reforça a obrigação dos Estados de garantir processos decisórios ambientais transparentes e inclusivos (CEPAL, 2018).

A gestão ambiental brasileira também incorpora instrumentos relacionados ao patrimônio natural, entre eles, a criação e gestão de Unidades de Conservação (UCs) pela Lei nº 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). As UCs são um dos instrumentos mais eficazes para proteção da biodiversidade e manutenção de serviços ecossistêmicos (Bruner et al., 2001), contribuindo para o cumprimento das metas da Convenção da Biodiversidade e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Nos últimos anos, o avanço regulatório e institucional ampliou a sofisticação dos instrumentos de política ambiental no país. O Decreto nº 11.075/2022, por exemplo, estabeleceu as bases para o mercado regulado de carbono, integrando o Brasil às tendências internacionais de precificação de emissões. Instrumentos como o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, programas de conservação de recursos hídricos e os Planos de Manejo de Bacias Hidrográficas reforçam a articulação entre clima, água, biodiversidade e desenvolvimento (FIORILLO, 2025).

Assim, os instrumentos de política ambiental no Brasil configuram um sistema multidimensional, no qual mecanismos regulatórios tradicionais coexistem com instrumentos econômicos, tecnologias de monitoramento, políticas de conservação e estruturas participativas. Sua efetividade depende de fatores como capacidade institucional, governança federativa, fiscalização, transparência e integração entre políticas setoriais. Em um cenário de intensificação da crise climática e de perda de biodiversidade, conforme demonstrado pelos relatórios internacionais (IPBES, 2019; IPCC, 2022), o fortalecimento e a modernização desses instrumentos tornam-se essenciais para que o país avance rumo a um modelo de desenvolvimento sustentável, competitivo e ambientalmente responsável.

2.1.2.1 A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, representa um marco jurídico e institucional para a gestão dos resíduos no Brasil, ao consolidar princípios, instrumentos e diretrizes que alinham o país às melhores práticas internacionais de gestão integrada e economia circular. A PNRS estabelece o arcabouço normativo que orienta o setor público, o setor privado e a sociedade na prevenção, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos, incorporando conceitos fundamentais como responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, logística reversa, hierarquia de resíduos e inclusão socioeconômica de catadores (MACHADO, 2025).

A elaboração da PNRS foi resultado de um processo legislativo de mais de duas décadas, refletindo o amadurecimento das discussões sobre resíduos sólidos no Brasil e incorporando referências internacionais como a Diretiva Europeia de Resíduos (2008/98/EC) e o princípio do poluidor-pagador consagrado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 1972). Sua promulgação ocorreu em consonância com a evolução global das agendas ambientais e com a necessidade de enfrentar desafios estruturais do país, tais como a disposição inadequada de resíduos, os impactos socioambientais dos lixões, a baixa taxa de reciclagem e a informalidade na cadeia de resíduos urbanos (IPEA, 2012; ABRELPE, 2023).

Um dos avanços mais significativos da PNRS é a adoção da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, mecanismo que distribui obrigações entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana. Esse modelo rompe com a lógica tradicional na qual apenas os municípios eram responsáveis pela gestão dos resíduos pós-consumo, criando um sistema mais equitativo e eficiente. Em teoria, os sistemas de responsabilidade estendida do produtor aumentam substancialmente as taxas de reciclagem, reduzem impactos ambientais e estimulam o ecodesign (LIFSET & LINDHQVIST, 2008; OECD, 2016).

Associada à responsabilidade compartilhada, a logística reversa constitui um dos instrumentos centrais da PNRS. Foi aplicada a setores como agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes e eletroeletrônicos, a logística reversa viabiliza o retorno dos produtos e embalagens ao setor empresarial para reutilização, reciclagem ou destinação final adequada. Estudos demonstram que tais sistemas representam importante vetor de mercado e inovação, especialmente em setores intensivos em materiais (FISCHER & PASCUCCI, 2017). No Brasil, os Acordos Setoriais como o de Embalagens em Geral, assinado em 25 de novembro de 2015 pela Coalizão Embalagens, os Termos de Compromisso firmados a partir de 2012 consolidaram metas, responsabilidades e mecanismos operacionais desses sistemas.

A PNRS também introduziu instrumentos econômicos e mecanismos de planejamento capazes de fortalecer a gestão integrada dos resíduos. Entre eles destacam-se os planos de resíduos sólidos em três níveis — nacional, estadual e municipal — que orientam o planejamento territorial e garantem a coerência entre políticas públicas e investimentos. A exigência de que apenas municípios com plano de gestão têm acesso a recursos federais relacionados a resíduos sólidos contribuiu para incentivar a formalização dos sistemas locais. Ademais, o Decreto nº 11.413/2023, ao regulamentar o CRLR, fortaleceu a PNRS ao estabelecer um instrumento econômico de remuneração por resultados, aproximando o país dos modelos mais avançados de financiamento da reciclagem.

Outro elemento estruturante da PNRS é a valorização das organizações de catadores de materiais recicláveis. A lei reconhece o papel socioambiental das cooperativas e associações, estimulando sua participação nos sistemas de coleta seletiva e logística reversa. Pesquisas nacionais e internacionais demonstram que a inclusão socioeconômica dos catadores é fundamental para a eficácia dos sistemas de reciclagem em países em desenvolvimento, além de promover justiça social e trabalho decente (DIAS, 2016; GUTBERLET, 2018). A PNRS, portanto, promove uma abordagem que combina eficiência econômica, responsabilidade social e sustentabilidade ambiental.

No que se refere à disposição final, a PNRS estabelece a erradicação dos lixões e a substituição destes por aterros sanitários, conforme padrões técnicos

de controle ambiental. Apesar dos avanços, desafios persistem: dados da ABRELPE (2023) indicam que mais de 40% dos resíduos urbanos ainda têm destinação inadequada no país. A superação desse cenário depende de investimentos estruturantes, fortalecimento institucional, integração regional e instrumentos econômicos que ampliem a capacidade de gestão dos municípios (JACOBI & BESEN, 2011).

É relevante destacar que o Marco Legal do Saneamento, instituído pela Lei nº 14.026/2020, reconheceu, ainda que de forma implícita, o baixo grau de cumprimento da meta originalmente estabelecida pela PNRS, a qual previa a erradicação dos lixões até agosto de 2014 (BRASIL, 2010). Diante da inefetividade prática desse prazo, o novo marco regulatório redefiniu os cronogramas para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, estabelecendo prazos escalonados até 2024, conforme o porte populacional dos municípios (BRASIL, 2020).

Entretanto, dados oficiais demonstram que a meta de encerramento dos lixões não foi integralmente cumprida, mesmo após a prorrogação legal, persistindo a destinação inadequada de resíduos sólidos urbanos em diversos municípios brasileiros (ABRELPE, 2023). Esse cenário evidencia limitações estruturais na implementação da política pública, incluindo restrições de capacidade técnica e financeira dos entes municipais, dificuldades de regionalização da gestão e fragilidades nos mecanismos regulatórios.

Tal contexto dialoga diretamente com a discussão sobre cumprimento de metas ambientais, pois revela que a simples previsão normativa de objetivos não assegura sua efetividade. Conforme apontam estudos sobre governança ambiental, o alcance de metas depende da articulação entre instrumentos regulatórios, incentivos econômicos e mecanismos de monitoramento e responsabilização (JACOBI & BESEN, 2011). Assim, a experiência brasileira na erradicação dos lixões ilustra a necessidade de fortalecimento institucional, coordenação federativa e aprimoramento dos instrumentos de política pública voltados à gestão de resíduos.

Assim, a PNRS constitui um dos instrumentos ambientais mais abrangentes e modernos do Brasil, ao integrar dimensões regulatórias, econômicas e sociais em um modelo coerente de gestão sustentável. Sua efetividade depende de fatores como governança federativa, fiscalização,

cumprimento de metas e articulação com outras políticas ambientais e climáticas. Em um contexto global marcado pela transição para a economia circular e pela crescente pressão por redução de resíduos e emissões, a PNRS representa um marco estratégico para o desenvolvimento sustentável do país.

2.1.2.2 Logística Reversa: fundamentos legais e operacionais

Desde o final da década de 1980, a gestão de resíduos tem passado por mudanças bastante significativas em diversas partes do mundo. Uma das tendências mais marcantes tem sido o aumento da reciclagem domiciliar de resíduos sólidos urbanos. As taxas de reciclagem de resíduos municipais em países desenvolvidos mais que dobraram nas últimas décadas (ANTONI, MARZETTI, 2019). Esse crescimento é amplamente atribuível a políticas governamentais voltadas à redução dos resíduos enviados a aterros sanitários: programas de coleta seletiva porta a porta (*curbside recycling*), sistemas de tarifação unitária (“Pague-Pelo-Que-Descarta”) e, em menor escala, outras políticas de precificação. Isso se deu, principalmente, devido à preocupação pública com a escassez de espaço para aterros, intensificada pelo aumento das tarifas de disposição na metade da década de 1980.

De acordo com o *American Reverse Logistics Executive Council*, logística reversa é definida como o processo de planejar, implementar e controlar o fluxo eficiente e econômico de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas do ponto de consumo ao ponto de origem, com o propósito de recuperar valor ou realizar descarte adequado (ROGERS & TIBBEN-LEMBKE, 1998).

De maneira geral, Govindan, Soleimani e Kannan (2014) ponderam que a logística reversa tem início nos usuários finais, onde os produtos usados são coletados e avaliados. A partir daí, diferentes decisões são tomadas sobre o destino dos resíduos, incluindo reciclagem (para recuperar materiais ou componentes), remanufatura (para revenda em mercados secundários ou, quando possível, ao mercado primário), reparo (para venda em mercados secundários), e, finalmente, descarte de partes que não podem ser reaproveitadas.

A logística reversa consolidou-se, nas últimas décadas, como um dos principais instrumentos de política ambiental voltados à gestão sustentável de resíduos e ao fortalecimento da economia circular. No Brasil, sua formalização jurídica ocorreu com a promulgação da PNRS pela Lei nº 12.305/2010, que reconhece a logística reversa como um “instrumento de desenvolvimento econômico e social” (art. 30) destinado a viabilizar o retorno dos produtos e embalagens aos fabricantes ou importadores para reaproveitamento, reciclagem ou destinação final ambientalmente adequada. Trata-se de um mecanismo que supera a visão tradicional da gestão de resíduos como responsabilidade exclusiva do setor público e cria um sistema integrado, baseado na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010).

A PNRS insere a logística reversa em um contexto mais amplo de governança ambiental, alinhado às tendências internacionais de responsabilidade estendida do produtor (*Extended Producer Responsibility* – EPR). Estudos clássicos de Lindhqvist (2000) e Lifset (2012) demonstram que a EPR constitui um instrumento regulatório eficaz para promover mudanças estruturais no design, na manufatura e na destinação pós-consumo, incentivando a redução de impactos ambientais e a inovação em materiais, embalagens e processos produtivos. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2016) identifica a EPR como um dos mecanismos mais relevantes para internalizar custos ambientais e reduzir a pressão sobre aterros e ecossistemas.

No âmbito brasileiro, a logística reversa foi operacionalizada por meio de instrumentos como sistemas de recolhimento, pontos de entrega voluntária (PEVs), sistemas de rastreabilidade, acordos setoriais e termos de compromisso firmados entre governo e setores produtivos. O Decreto nº 7.404/2010, que regulamenta a PNRS, estabeleceu as bases institucionais para esses arranjos, criando o Comitê Orientador para a Implementação de Sistemas de Logística Reversa (CORI) e definindo os mecanismos de articulação entre União, estados, municípios e setor privado.

No que se refere aos fundamentos operacionais, a logística reversa pode ser classificada em dois modelos principais: a logística reversa pós-consumo, referente aos produtos descartados pelos consumidores, e a logística reversa pós-venda, associada ao retorno de produtos comercializados com defeitos,

vencidos ou não utilizados (ROGERS & TIBBEN-LEMBKE, 1999). A logística reversa é um sistema complexo, que envolve fluxos reversos de materiais, infraestrutura específica, governança entre múltiplos atores, mecanismos de incentivo e tecnologias de rastreamento (SRIVASTAVA, 2008). Em países de grande extensão territorial como o Brasil, desafios logísticos e assimetrias regionais ampliam a necessidade de soluções híbridas que combinem sistemas centralizados, cooperativas de catadores e tecnologias digitais.

A inclusão socioeconômica das cooperativas de catadores é uma característica distintiva do modelo brasileiro. A PNRS reconhece o papel estratégico dessas organizações, integrando-as aos sistemas de coleta seletiva e logística reversa. Pesquisadores como Dias (2016) e Gutberlet (2018) demonstram que a participação das cooperativas melhora o desempenho da reciclagem, reduz custos operacionais e fortalece a justiça social, especialmente em países com elevada informalidade na cadeia de resíduos. Assim, a logística reversa no Brasil incorpora não apenas objetivos ambientais, mas também dimensões sociais, promovendo trabalho decente e inclusão produtiva.

Nos últimos anos, o desenvolvimento de instrumentos econômicos ampliou o alcance da logística reversa. O Decreto nº 11.413/2023, que regulamenta o CCRLR, introduziu um mecanismo de financiamento baseado em resultados, remunerando operadores e recicladores que demonstram, por meio de notas fiscais auditáveis, a realização efetiva da reciclagem. Esse instrumento aproxima a gestão de resíduos de modelos internacionais que utilizam créditos, bônus e instrumentos de mercado para estimular a circularidade. Estudos internacionais, como os de Nuss *et al.* (2022), indicam que mecanismos econômicos associados a metas obrigatórias aumentam a eficiência e a previsibilidade das cadeias reversas.

Os créditos de logística reversa configuram-se como instrumentos de mercado destinados a intermediar as empresas legalmente responsáveis pela destinação ambientalmente adequada dos resíduos que geram, sejam eles provenientes de produtos ou de embalagens. Em tese, tais créditos poderiam contribuir para modelos mais inclusivos, orientados pela responsabilidade social e voltados à melhoria das condições de trabalho dos catadores. No entanto, na forma como têm sido estruturados com base em procedimentos burocráticos, ainda apresentam baixa transparência, dependem da atuação de

atravessadores e retornam apenas parcialmente à base da cadeia (MOFATI, 2025).

Avanços tecnológicos, como sistemas de rastreabilidade digital, *blockchain* (registro digital descentralizado, imutável e seguro, que armazena transações em blocos encadeados cronologicamente, garantindo transparência sem intermediários), inteligência artificial aplicada à triagem de resíduos e plataformas de gestão integrada, vêm transformando os sistemas de logística reversa. Esses instrumentos aumentam a transparência, facilitam auditorias e permitem mensurar resultados com maior precisão, um aspecto fundamental para o cumprimento de metas e para o atendimento às exigências de governança ESG. De acordo com Kirchherr, Reike e Hekkert (2017), a transição para a economia circular depende não apenas de instrumentos regulatórios, mas de redes tecnológicas e de inovação que interliguem os elos das cadeias produtivas.

Apesar dos avanços, desafios persistem. A infraestrutura de coleta seletiva ainda é insuficiente em grande parte dos municípios, a adesão de empresas aos sistemas de logística reversa é desigual e a fiscalização ambiental enfrenta limitações estruturais. Relatórios e diagnósticos (ABRELPE, 2023; IPEA; 2022) mostram que uma parcela significativa das embalagens pós-consumo ainda não retorna aos fluxos produtivos. Portanto, a consolidação da logística reversa no país depende da integração entre políticas públicas, instrumentos econômicos, investimentos em tecnologia, fortalecimento institucional e governança multissetorial.

A logística reversa pode aumentar a demanda por produtos e serviços ao permitir sua produção com menor custo e menor impacto ambiental, consideram Navarro *et al.* (2024), embora sua implementação ainda enfrente barreiras que dificultam a transição para a economia circular. A adoção dessa prática é favorecida por ações internas das empresas, políticas públicas e novas tecnologias, que otimizam recursos e tornam a manufatura mais sustentável. Embora práticas sustentáveis possam inicialmente parecer conflitar com a rentabilidade, pesquisas indicam que uma gestão eficiente da cadeia de suprimentos contribui para vantagens competitivas no longo prazo.

Assim, a logística reversa constitui um dos pilares centrais da moderna política de resíduos sólidos no Brasil. Ao articular fundamentos legais, operacionais, tecnológicos e socioeconômicos, esse instrumento promove a

transição para sistemas mais circulares, reduz impactos ambientais e reforça mecanismos de governança e responsabilidade compartilhada. Em um cenário global de crescente pressão por sustentabilidade, a logística reversa se projeta como mecanismo indispensável para o cumprimento de metas ambientais, climáticas e de economia circular, fortalecendo a competitividade e a legitimidade das organizações.

2.1.3 CERTIFICADOS AMBIENTAIS E INSTRUMENTOS ECONÔMICOS

Os certificados ambientais e os instrumentos econômicos constituem uma das vertentes mais relevantes e dinâmicas das políticas ambientais contemporâneas, integrando mecanismos de mercado, incentivos econômicos e estratégias regulatórias para promover comportamentos sustentáveis.

Diferentemente dos tradicionais instrumentos de comando e controle, que se baseiam em proibições, padrões e licenças, os instrumentos econômicos procuram internalizar externalidades ambientais, atribuir valor monetário a serviços ecossistêmicos e estimular agentes privados e públicos a reduzir impactos ambientais por meio de incentivos financeiros. Essa abordagem, alinhada ao princípio do poluidor-pagador e ao princípio do usuário-pagador, tornou-se central na agenda internacional de sustentabilidade e economia verde (OECD, 2011; STAVINS, 2019).

A literatura econômica, desde Pigou (1920) até autores contemporâneos como Pearce e Turner (1990), demonstra que falhas de mercado ocorrem quando custos ambientais não são incorporados ao preço dos bens e serviços. Os instrumentos econômicos surgem como alternativas eficientes, permitindo que agentes econômicos reajam a sinais de preços que refletem os custos ambientais reais. Entre esses instrumentos, destacam-se os tributos ambientais, subsídios, esquemas de comércio de emissões, pagamentos por serviços ambientais (PSA), certificações e os certificados ambientais baseados em resultados.

Com o avanço das políticas de economia circular, instrumentos econômicos têm adquirido centralidade. Segundo a Fundação Ellen MacArthur (2015), a transição para sistemas circulares depende de mecanismos que

valorizem recursos, incentivem o redesenho de produtos e direcionem fluxos financeiros a práticas sustentáveis. Créditos de reciclagem, PSA e mercados de carbono aproximam o país dos modelos mais avançados de circularidade adotados pela União Europeia e por economias asiáticas. Daily e Ellison (2002) rejeitam o *laissez-faire* (liberalismo) e defendem que o governo deve incentivar e supervisionar a transição para uma economia baseada na conservação.

No entanto, Ishimura (2022) constata que existem poucas políticas voltadas para a reciclagem de resíduos plásticos pós-consumo. Embora formuladores de políticas estejam desenvolvendo diversas regulamentações sobre a produção, venda e consumo de plástico, eles enfrentam dificuldades para tratar da reciclagem desses resíduos em seus países devido aos altos custos envolvidos.

No Brasil, estudos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2022) indicam que barreiras econômicas são um dos fatores que mais dificultam o avanço da reciclagem, da conservação ambiental e da redução de emissões. Assim, instrumentos econômicos tornam-se fundamentais para induzir investimentos, corrigir falhas de mercado e promover governança multissetorial.

2.1.3.1 Conceito e tipologia de instrumentos econômicos ambientais

Os instrumentos econômicos ambientais constituem um conjunto de mecanismos regulatórios que utilizam incentivos financeiros, preços, mercados e sinais econômicos para induzir comportamentos ambientalmente desejáveis entre agentes públicos e privados. Diferentemente dos instrumentos de comando e controle, que se baseiam em proibições, limites e autorizações, os instrumentos econômicos procuram modificar a lógica de decisão dos indivíduos e das organizações ao incorporar os custos ambientais nos processos produtivos e de consumo, internalizando as externalidades negativas associadas à degradação ambiental. Tal abordagem se fundamenta na teoria econômica, especialmente nos trabalhos pioneiros de Pigou (1920), que identificou as falhas de mercado decorrentes da ausência de preços que reflitam os impactos ambientais.

O conceito central desses instrumentos é que os problemas ambientais surgem, em grande parte, porque os custos da poluição são externalizados à

sociedade. Quando o preço de um bem não incorpora os danos ambientais que sua produção ou uso gera, há incentivos para que agentes privados poluam mais do que seria socialmente aceitável. Instrumentos econômicos corrigem essa falha ao criar mecanismos que alinham decisões individuais ao interesse coletivo, seja pela precificação da poluição, pela remuneração da conservação ou pelo estímulo ao uso eficiente de recursos naturais (PEARCE & TURNER, 1990; OECD, 2017).

A OECD, que tem historicamente sistematizado esse debate, define instrumentos econômicos ambientais como mecanismos que influenciam comportamentos por meio da alteração de incentivos monetários, em oposição às abordagens estritamente administrativas. A literatura clássica e contemporânea organiza esses instrumentos em diferentes categorias, entre as quais se destacam: tributos ambientais, taxas e tarifas; subsídios e incentivos financeiros; mercados de direitos negociáveis (como créditos de carbono); pagamentos por serviços ambientais (PSA); certificados baseados em desempenho; e instrumentos de responsabilidade estendida do produtor.

Os tributos ambientais são impostos, contribuições ou taxas que incidem sobre atividades poluidoras ou sobre o uso de recursos naturais. A lógica é simples: quanto mais poluente a atividade, maior o tributo, criando incentivos para reduzir a poluição ou migrar para processos mais limpos. A experiência internacional, especialmente nos países escandinavos, demonstra que tributos ambientais podem reduzir emissões e estimular inovação (OECD, 2011). No Brasil, embora ainda pouco utilizados de forma explícita, instrumentos como a Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental (TCFA) representam exemplos de mecanismos financeiros voltados à gestão ambiental.

As tarifas ambientais também desempenham papel relevante, sobretudo no saneamento básico, na gestão de resíduos e na cobrança pelo uso da água. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) instituiu a cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão, reconhecendo seu valor econômico e promovendo o uso mais racional e eficiente (ANA, 2020).

Os subsídios e incentivos financeiros são instrumentos que reduzem custos de atividades ambientalmente desejáveis. Entre os exemplos estão linhas de crédito para energia renovável, incentivos fiscais para tecnologias limpas e financiamento de projetos de saneamento ou restauração ecológica. Quando

bem desenhados, tais instrumentos promovem inovação e reduzem o risco de investimentos sustentáveis, acelerando a transição para uma economia de baixo carbono. Entretanto, subsídios mal estruturados podem gerar distorções de mercado e favorecer grupos específicos (STAVINS, 2003).

Os mercados de direitos negociáveis representam uma das formas mais sofisticadas de instrumentos econômicos. Nesse modelo, o poder público define um limite de emissões ou de uso de recursos naturais, distribui permissões e permite que agentes comprem e vendam esses direitos. O Sistema Europeu de Comércio de Emissões (EU ETS) é o exemplo mais consolidado, sendo responsável por reduções significativas de CO₂ desde sua criação (ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010). No Brasil, o Decreto nº 11.075/2022 estabeleceu as bases para o desenvolvimento de um Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões, alinhando o país às tendências internacionais de precificação de carbono.

Sistemas de créditos ambientais negociáveis também se inserem nesta categoria, como os créditos de carbono e os créditos de reciclagem. Esses mecanismos remuneram agentes pela comprovação de benefícios ambientais, aproximando-se da lógica de mercados voluntários e regulados focados em resultados auditáveis (MARRON & TODER, 2014).

Os PSA são mecanismos pelos quais beneficiários de serviços ecossistêmicos remuneram aqueles que os provêm ou conservam. Trata-se de um instrumento especialmente relevante para a conservação da biodiversidade, proteção de mananciais e sequestro de carbono. A Lei nº 14.119/2021 consolidou o PSA no ordenamento jurídico brasileiro, criando base normativa robusta para programas de conservação. Estudos de Pagiola, Arcenas e Platais (2005) mostram que os PSA são altamente eficazes quando associam incentivos financeiros estáveis, monitoramento claro e participação comunitária.

Certificados ambientais como créditos de carbono, créditos de reciclagem, certificados de energia renovável e selos de conservação são instrumentos que representam unidades de resultado ambiental comprovado. Eles permitem a criação de mercados onde os agentes podem adquirir ou comercializar certificados para cumprir metas voluntárias ou obrigatórias. Os instrumentos baseados em desempenho promovem eficiência ao remunerar exclusivamente resultados demonstráveis (MARRON & TODER, 2014). No Brasil, o Certificado

de Crédito de Reciclagem (instituído pelo Decreto nº 11.413/2023) exemplifica essa abordagem dentro da PNRS.

A Responsabilidade estendida do produtor (EPR) atribui ao produtor responsabilidade financeira e operacional pelo ciclo de vida de produtos, incluindo a fase pós-consumo (LINDHQUIST, 2000). Esse modelo tem sido amplamente utilizado em sistemas de logística reversa, como os relacionados a embalagens, eletroeletrônicos e pneus. A ciência econômica considera a EPR um dos mecanismos mais eficientes para reduzir resíduos e incentivar o ecodesign (OECD, 2016).

A adoção de instrumentos econômicos ambientais enfrenta desafios como baixa capacidade institucional, dificuldade de mensuração de impactos, resistência política e desigualdades regionais. Ainda assim, tais instrumentos vêm ganhando força em razão de sua capacidade de promover inovação, flexibilidade regulatória e governança transparente. Relatórios recentes do IPCC (2022) e da *Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* - IPBES (2019) evidenciam que enfrentar a crise climática e a perda de biodiversidade exige políticas integradas que combinem instrumentos econômicos, planejamento setorial e mecanismos de comando e controle.

Em síntese, a tipologia de instrumentos econômicos ambientais demonstra a amplitude e a sofisticação desses mecanismos, que estão no centro da transição para economias sustentáveis. Ao induzir mudanças estruturais nos padrões de produção e consumo, esses instrumentos fortalecem a eficiência ambiental, promovem justiça intergeracional e contribuem para o desenvolvimento sustentável.

2.1.3.2 Experiências internacionais comparadas (EPR, PRNs, Depósitos Retornáveis)

No Japão, várias leis de reciclagem foram implementadas nos anos 1990, como a Lei de Reciclagem de Embalagens e Contêineres, que entrou plenamente em vigor em abril de 2000. Na União Europeia, a Diretiva 1994/62/EC obrigou os Estados-membros a cumprir metas específicas de recuperação e reciclagem de resíduos de embalagens. A Diretiva 2008/98/EC

(Diretiva-Quadro de Resíduos) introduziu o princípio do “poluidor-pagador” e a “responsabilidade estendida do produtor” na gestão de resíduos, estabelecendo novas metas de reciclagem e recuperação a serem alcançadas até 2020 (50% para resíduos urbanos) e exigindo que os Estados-membros adotassem planos de gestão de resíduos e programas de prevenção. Essa orientação política se insere na lógica da economia circular (ANTONI, MARZETTI, 2019).

As experiências internacionais com instrumentos econômicos ambientais, especialmente aquelas relacionadas à responsabilidade estendida do produtor (*Extended Producer Responsibility* – EPR), aos sistemas de certificados de recuperação de embalagens (*Packaging Recovery Notes* – PRNs) e aos sistemas de depósito e retorno (*Deposit Return Systems* – DRS), constituem referenciais essenciais para a compreensão das tendências globais de gestão de resíduos e economia circular. Tais experiências demonstram que modelos que combinam regulação clara, incentivos econômicos e sistemas robustos de monitoramento produzem resultados superiores em termos de reciclagem, circularidade e redução de impactos ambientais. Desde a década de 1990, países europeus e asiáticos vêm consolidando arranjos institucionais que inspiram reformas regulatórias em diversas partes do mundo, incluindo o Brasil, especialmente após a Política Nacional de Resíduos Sólidos e a expansão da economia circular como princípio estruturante de políticas públicas (OECD, 2016).

A responsabilidade estendida do produtor, originalmente proposta por Lindhqvist (2000), tornou-se o pilar central dos sistemas de gestão de resíduos em nações como Alemanha, França, Holanda, Bélgica, Japão e Coreia do Sul. A lógica desses sistemas consiste na transferência parcial ou total da responsabilidade financeira e operacional da gestão dos resíduos pós-consumo para o produtor, estimulando mudanças no *design* de produtos, no uso de materiais recicláveis e no planejamento de ciclos de vida mais sustentáveis. A União Europeia, por meio da Diretiva 2008/98/EC e da Diretiva de Embalagens e Resíduos de Embalagens (94/62/EC), estabeleceu metas obrigatórias de reciclagem e estruturas de *compliance* que levaram à criação de organizações gestoras, como a alemã *Der Grüne Punkt* e os sistemas dos países escandinavos. Estudos apontam que países com EPR obrigatória apresentam

taxas de reciclagem superiores às daqueles que adotam sistemas baseados exclusivamente em incentivos voluntários (KUNZ *et al.*, 2018).

A experiência britânica com os *Packaging Recovery Notes* oferece um modelo distinto, baseado em incentivos de mercado para financiar a reciclagem. Nesse sistema, recicladores emitem certificados que comprovam volumes de materiais efetivamente recuperados, os quais são adquiridos por empresas obrigadas a cumprir metas de reciclagem. Esse arranjo, análogo a mercados de créditos ambientais, permite flexibilidade regulatória e custos marginalmente menores para os setores produtivos. Turner *et al.* (2011) e Watkins *et al.* (2017) destacam que o modelo britânico apresenta vantagens como eficiência econômica, transparência de transações e estímulo ao investimento em infraestrutura de reciclagem, embora dependa de mecanismos rigorosos de auditoria para evitar distorções e fraudes. O sistema de PRNs também tem sido comparado a instrumentos similares utilizados em países como Bélgica e França, que combinam quotas obrigatórias com mecanismos de mercado.

Paralelamente às experiências de EPR e PRNs, sistemas de depósito e retorno têm se expandido em diferentes regiões do mundo, alcançando reconhecidamente algumas das mais altas taxas de recuperação de embalagens. Esses sistemas operam por meio de depósitos monetários reembolsáveis pagos pelo consumidor no momento da compra e devolvidos quando as embalagens retornam aos pontos de coleta. Países como Noruega, Alemanha, Islândia e Canadá alcançam taxas de retorno superiores a 90% para garrafas PET, latas de alumínio e vidros, graças a sistemas altamente automatizados e baseados em infraestrutura de máquinas de retorno (*reverse vending machines*) (HOGG *et al.*, 2010; RELOOP, 2021). A eficiência desses modelos está associada à simplicidade operacional, ao incentivo econômico direto ao consumidor e à garantia de fluxos de materiais limpos e de alta qualidade para reciclagem.

Na Ásia, experiências com EPR e DRS também ganham força. O Japão adotou, desde 2000, uma legislação abrangente de reciclagem de eletroeletrônicos e embalagens, combinando responsabilidade do produtor, coletas municipais e rastreabilidade detalhada dos fluxos reversos. A Coreia do Sul, por sua vez, opera um sistema de EPR com metas crescentes e penalidades financeiras robustas, o que resultou em expressivo aumento da reciclagem de

plásticos e do reuso de embalagens. Estudos de Lee e Na (2010) mostram que a integração entre EPR, educação ambiental e governança pública fortaleceu a circularidade em setores como eletroeletrônicos, embalagens e automotivo.

Nos Estados Unidos, embora não exista uma legislação federal ampla de EPR, diversos estados implementaram sistemas específicos, especialmente para eletroeletrônicos, baterias e embalagens de bebidas. O estado de Oregon, pioneiro em sistemas de depósito desde 1971. Pesquisas revelam que políticas estaduais de depósito e retorno têm melhor performance ambiental quando combinadas com incentivos regulatórios e infraestrutura de coleta centralizada (CONTAINER RECYCLING INSTITUTE, 2020).

Em síntese, as experiências internacionais demonstram que a adoção de instrumentos econômicos para gestão de resíduos alcança maior eficácia quando apoiada em marcos regulatórios obrigatórios, metas claras, governança multissetorial e sistemas robustos de rastreabilidade. Países com melhor desempenho na implementação de EPR, PRNs ou DRS apresentam elementos comuns, como integração com políticas climáticas (EUROPEAN COMMISSION, 2020), incentivos econômicos consistentes (OECD, 2016), participação social ampliada e monitoramento rigoroso (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019). Tais modelos também impulsionam a transição global para a economia circular, alinhando-se às recomendações da Comissão Europeia, da Fundação Ellen MacArthur e da OECD, que apontam a necessidade de sistemas produtivos mais eficientes, circulares e de baixo carbono. O estudo comparado dessas experiências fornece subsídios fundamentais para o aprimoramento dos instrumentos econômicos no Brasil, sobretudo em setores com elevado potencial de circularidade, como embalagens, eletroeletrônicos, pneus e bebidas.

Em conclusão, o exame comparado demonstra que, embora existam instrumentos internacionais baseados em responsabilidade estendida do produtor e sistemas voluntários de créditos ambientais, nenhum país adotou, até o presente momento, mecanismo equivalente ao CCRLR brasileiro, caracterizado pela combinação de lastro em resultado comprovado, rastreabilidade integral, vinculação a metas legais de logística reversa e formalização creditória regulamentada.

2.2 – O CERTIFICADO DE CRÉDITO DE RECICLAGEM (CCRLR)

Do ponto de vista jurídico-institucional, o CCRLR foi formalmente instituído pelo Decreto nº 11.413/2023, que criou três tipos de certificados vinculados à PNRS: 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 Massa Futura (CCMF). Eles são definidos pelo decreto no artigo 5º:

Art. 5º Para fins do disposto neste Decreto, consideram-se:

(...)

II - CCRLR - documento emitido pela entidade gestora que comprova a restituição ao ciclo produtivo da massa equivalente dos produtos ou das embalagens sujeitas à logística reversa;

III - CERE - documento emitido por entidade gestora que certifica a empresa como titular de projeto estruturante de recuperação de materiais recicláveis e comprova a restituição ao ciclo produtivo da massa equivalente dos produtos ou das embalagens sujeitas à logística reversa e à reciclagem;

IV - Certificado de Crédito de Massa Futura - documento emitido por entidade gestora que permite à empresa auferir antecipadamente o cumprimento de sua meta de logística reversa, relativa à massa de materiais recicláveis que será reintroduzida na cadeia produtiva em anos subsequentes, fruto de investimentos financeiros antecipados para implementar sistemas estruturantes que permitam que a fração seca reciclável contida nos resíduos sólidos urbanos seja desviada de aterros e lixões, desde que adotem premissas de impacto socioambiental, como geração de renda, educação ambiental da população e inclusão socioeconômica de catadores e catadoras de material reciclável;

A consolidação do CCRLR com Lastro em Resultados representa um marco relevante na evolução dos instrumentos econômicos voltados ao cumprimento das metas de logística reversa no Brasil. É digno de nota que isso se dá especialmente em um contexto de crescente complexidade na gestão de resíduos sólidos e na operacionalização dos princípios da responsabilidade compartilhada e do poluidor-pagador previstos na PNRS.

Enquanto diversos países têm desenvolvido mecanismos de mercado para estimular a reciclagem e a circularidade — como sistemas de créditos, subsídios, fundos de compensação e EPR, o Brasil começa a estruturar um modelo próprio. Este incorpora elementos de governança, rastreabilidade digital e mensuração de resultados, buscando mitigar falhas de mercado que historicamente comprometeram a eficiência do setor (LINDHQUIST, 2000; OECD, 2016; WATKINS *et al.*, 2017).

O CCRLR surge como resposta à necessidade de conferir maior previsibilidade, padronização e transparência aos mecanismos de comprovação de reciclagem, reduzindo assimetrias de informação e problemas clássicos, como o risco de seleção adversa e a baixa confiabilidade de dados autorreportados, especialmente em cadeias produtivas fragmentadas e com alta informalidade (AKERLOF, 1970; STIGLITZ, 2000).

O modelo, ao atrelar a emissão de créditos à comprovação de resultados efetivamente verificados e auditados, aproxima-se da lógica de instrumentos de mercado já consolidados em políticas ambientais internacionais, tais como os créditos de carbono e os certificados de energia renovável, que condicionam a geração de títulos a métricas mensuráveis e verificáveis (ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010; GOLD STANDARD FOUNDATION, 2021). Assim, o CCRLR, embora situado no domínio da gestão de resíduos, dialoga com tendências mais amplas de precificação ambiental e incorporação de externalidades negativas nos processos produtivos, conforme previsto por autores como Pearce e Turner (1990) e Costanza *et al.* (1997).

Do ponto de vista institucional, o CCRLR também contribui para a estruturação de mecanismos de governança mais eficientes para a cadeia da reciclagem, alinhando os incentivos entre geradores de resíduos, entidades gestoras, cooperativas, operadores logísticos e recicladores. Estudos sobre governança de cadeias produtivas demonstram que arranjos cooperativos e relações contratuais claras tendem a gerar melhores resultados em setores de alta interdependência, como é o caso do manejo de resíduos (GEREFFI, HUMPHREY & STURGEON, 2005; OSTROM, 1990; YOUNG, 2017). O CCRLR pode atuar como catalisador dessas relações ao criar um fluxo financeiro formalizado e rastreável, capaz de fortalecer atores historicamente marginalizados, como as cooperativas de catadores, que desempenham papel crucial na recuperação de materiais e na dinamização da economia circular no Brasil (DIAS, 2016; GUTBERLET, 2018; BOSI, 2008).

A introdução de um certificado lastreado em resultados mensuráveis também se relaciona diretamente com a agenda global de economia circular, que enfatiza a necessidade de mecanismos que tornem economicamente viáveis as etapas de recuperação, triagem e reinserção de materiais nas cadeias produtivas. Autores como Kirchherr, Reike e Hekkert (2017), Korhonen, Nuur e

Feldmann (2018) e Geissdoerfer *et al.* (2017) destacam que a transição para um modelo verdadeiramente circular depende de instrumentos que superem as limitações estruturais do mercado de recicláveis, sobretudo em países em desenvolvimento, onde a informalidade e a volatilidade de preços dificultam investimentos de longo prazo. O CCRLR responde parcialmente a essas limitações ao constituir um mercado regulado, com regras claras e incentivos orientados para o desempenho real, o que tende a reduzir riscos e atrair novos agentes econômicos para o setor.

A rastreabilidade digital, a verificação independente e a auditoria obrigatória associadas ao CCRLR reforçam a importância da confiabilidade dos dados e da governança informacional na gestão de resíduos, tema amplamente discutido no âmbito da transformação digital das políticas públicas (ANSELL & GASH, 2007; JANSSEN, CHARALABIDIS & ZUIDERWIJK, 2020).

Em um cenário no qual empresas enfrentam pressões crescentes de investidores, consumidores e órgãos reguladores por transparência e desempenho socioambiental — como apontado por Eccles, Ioannou e Serafeim (2014) e por Khan, Serafeim e Yoon (2016), mecanismos como o CCRLR podem desempenhar papel estratégico na integração entre metas corporativas de sustentabilidade e exigências regulatórias.

A implementação do CCRLR evidencia a crescente convergência entre instrumentos econômicos ambientais e práticas ESG, na medida em que favorece a materialização de indicadores vinculados a impactos ambientais, inclusão social e conformidade regulatória. Essa convergência está alinhada às recomendações internacionais de órgãos como a IFRS Foundation (2023), o TCFD (2017) e a Comissão Europeia (2020), que reforçam a necessidade de métricas verificáveis e padronizadas para a mensuração do desempenho socioambiental das organizações.

Assim, o CCRLR não é apenas um mecanismo de compensação ou comprovação, mas integra uma nova geração de instrumentos regulatórios baseados em dados, evidências e *accountability* (responsabilização), que podem contribuir para uma economia circular mais robusta, inclusiva e alinhada às transformações globais da sustentabilidade.

2.2.1 Origem e evolução normativa do CCRLR

A origem e a evolução normativa do CCRLR inserem-se em um processo mais amplo de transformação das políticas ambientais brasileiras, marcado pela incorporação de instrumentos econômicos de incentivo à economia circular e pela modernização da PNRS.

Embora o CCRLR tenha sido formalmente instituído apenas em 2023, por meio do Decreto nº 11.413/2023, sua gênese remonta às discussões acumuladas desde a promulgação da PNRS em 2010 e às diversas tentativas de estruturar mecanismos de financiamento e indução da reciclagem no país. A criação do CCRLR responde a desafios históricos, tais como a insuficiência de instrumentos financeiros específicos, a baixa taxa de reciclagem e o elevado custo das operações de logística reversa, especialmente em um país de dimensões continentais como o Brasil (MOFATI, 2025).

Embora a lei tenha consolidado princípios fundamentais, como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, e instrumentos como a logística reversa, o PNRS não detalhou mecanismos financeiros capazes de remunerar efetivamente operadores, recicladores e cooperativas pelos resultados de reciclagem. Isso demonstra a necessidade de instrumentos de mercado que complementassem os mecanismos de comando e controle, especialmente em sistemas complexos e fragmentados como o brasileiro (OECD, 2011; PAGIOLA *et al.*, 2010).

O debate sobre instrumentos econômicos aplicados à reciclagem ganhou força a partir de 2016, quando estudos do IPEA e da ABRELPE destacaram a urgência de criar modelos de financiamento estáveis que viabilizassem a ampliação da capacidade instalada de triagem e reciclagem no país. Tais diagnósticos evidenciaram que o custo da reciclagem não era coberto pelo valor de mercado dos materiais, gerando dependência de subsídios públicos e fragilidade econômica para cooperativas de catadores. Esse contexto coincide com tendências internacionais de adoção de instrumentos financeiros baseados em resultados, como os PRNs no Reino Unido e os instrumentos de EPR adotados por países europeus (WATKINS *et al.*, 2017; KUNZ *et al.*, 2018).

O passo decisivo para a criação do CCRLR deu-se com o avanço das discussões sobre modernização da logística reversa, especialmente no âmbito

dos debates sobre o Mercado Brasileiro de Reciclagem, que culminou na elaboração do Decreto nº 11.413/2023. Essa norma representou uma ruptura paradigmática ao introduzir, pela primeira vez, um mecanismo nacional e oficial de certificação da reciclagem, com base em evidências documentais auditáveis. O CCRLR passou a ser emitido a partir de notas fiscais que comprovam o retorno e a reciclagem de materiais, constituindo um título representativo de um benefício ambiental mensurável (BRASIL, 2023).

Ao adotar esse modelo, o Brasil se aproxima das melhores práticas internacionais, ao substituir comprovações genéricas de massa reciclada por mecanismos digitais e verificáveis, em consonância com recomendações recentes da OCDE e da União Europeia (OECD, 2020; EUROPEAN COMMISSION, 2018).

A evolução normativa do CCRLR também reflete a necessidade de modernizar os instrumentos da PNRS frente às exigências de governança ESG, transparência e rastreabilidade. O Decreto nº 11.413/2023 reforçou a obrigatoriedade de auditorias independentes, padronização documental e sistemas unificados de registro, alinhando o Brasil às tendências globais de digitalização de cadeias de valor (BRASIL, 2023).

Essa evolução dialoga com arranjos semelhantes na Europa, onde sistemas de EPR e PRNs têm migrado de modelos declaratórios para plataformas digitais integradas, garantindo rastreabilidade e redução de fraudes. Os instrumentos econômicos somente alcançam plena eficácia quando suportados por estruturas robustas de monitoramento, dados confiáveis e governança multissetorial (MARRON & TODER, 2014).

Outro aspecto relevante da evolução normativa do CCRLR é sua articulação com a inclusão socioeconômica das cooperativas de catadores, elemento estruturante da PNRS (DIAS, 2016; GUTBERLET, 2018). Ao permitir que essas organizações emitam certificados mediante comprovação documental da reciclagem, o CCRLR cria novas fontes de renda, fortalece a formalização e reduz a vulnerabilidade financeira de um setor historicamente marginalizado. Esse enfoque híbrido, combinando eficiência econômica e justiça social, diferencia o modelo brasileiro de outros mercados que tratam a reciclagem exclusivamente como operação industrial.

A partir de 2024 e 2025, o debate normativo sobre o CCRLR intensificou-se, especialmente com propostas de regulamentação complementar sobre plataformas digitais, padronização de rastreabilidade e integração com sistemas estaduais. Esse avanço indica que o CCRLR está em processo contínuo de refinamento institucional, tal como ocorreu historicamente com outros instrumentos econômicos ambientais, como os mercados de carbono e os sistemas de compensação ambiental. A evolução normativa do CCRLR, portanto, não deve ser vista como concluída, mas como parte de uma trajetória de ajustes, aprimoramentos e complexificação, essencial para consolidar sua credibilidade e eficácia (MOFATI, 2025).

A trajetória normativa do CCRLR revela, em síntese, a transição de um sistema fragmentado e predominantemente voluntário de logística reversa para um modelo estruturado, padronizado e baseado em evidências, com forte inspiração nas melhores práticas internacionais. Mofati (2025) informa que a adoção de instrumentos econômicos como o CCRLR representa um avanço institucional significativo, capaz de induzir investimentos, fortalecer cadeias produtivas, promover inclusão social e aproximar o país das metas globais de economia circular e desenvolvimento sustentável.

A evolução contínua desse instrumento, alinhada a reformas regulatórias e avanços tecnológicos, é essencial para consolidar o papel do CCRLR como um dos pilares da política ambiental brasileira contemporânea. Contudo, o elevado grau de rastreabilidade, comprovação documental e lastro em resultados efetivos, elementos fundamentais para conferir integridade, transparência e segurança jurídica ao sistema, também impõe desafios operacionais relevantes. Em especial, a exigência de controles digitais estruturados, regularidade fiscal e formalização contratual pode dificultar a inserção de cooperativas de catadores e pequenos operadores, que frequentemente enfrentam limitações tecnológicas, administrativas e financeiras. Assim, o aprimoramento do instrumento deve considerar mecanismos de inclusão produtiva, sob pena de tensionar o equilíbrio entre governança, integridade ambiental e justiça socioeconômica na cadeia da reciclagem.

2.2.1.1 Do Decreto nº 11.044/2022 ao Decreto nº 11.413/2023

A transição entre o Decreto nº 11.044/2022 e o Decreto nº 11.413/2023 representa um dos movimentos normativos mais relevantes na evolução da política nacional de logística reversa e no fortalecimento dos instrumentos econômicos aplicados à reciclagem no Brasil. Essa trajetória normativa evidencia uma mudança progressiva de paradigma: de um modelo predominantemente declaratório e centrado em obrigações procedimentais para um sistema mais robusto, baseado em comprovação documental, rastreabilidade, padronização e incentivos econômicos. O período é marcado pela consolidação da economia circular como um dos eixos estruturantes das políticas ambientais brasileiras, em diálogo com tendências internacionais de responsabilidade estendida do produtor, certificação de resultados e governança ambiental baseada em evidências (BRASIL, 2023).

O Decreto nº 11.044/2022 foi publicado com o propósito de aprimorar o sistema de logística reversa existente, conferindo maior clareza às obrigações dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes. Seu foco principal foi a criação de diretrizes gerais para que sistemas de logística reversa operassem de forma integrada, com metas, relatórios e critérios mínimos de comprovação (BRASIL, 2022). Entretanto, apesar de importante, o decreto mantinha uma lógica predominantemente declaratória: as empresas apresentavam informações por meio de plataformas de reporte, sem necessariamente vincular tais declarações a documentos fiscais rastreáveis ou a auditorias externas sistemáticas. Estudos sobre o período indicavam lacunas significativas na transparência das informações públicas, assim como assimetrias entre setores e dificuldades de validação das quantidades efetivamente recicladas (IPEA, 2022; ABRELPE, 2023).

Ao mesmo tempo, sistemas baseados apenas em declarações voluntárias tendem a apresentar menores taxas de recuperação, maiores riscos de dupla contagem e baixa previsibilidade econômica, comprometendo a expansão da infraestrutura de reciclagem (WATKINS *et al.*, 2017). Países europeus, asiáticos e anglo-saxões, ao longo da década de 2010, avançaram na adoção de instrumentos financeiros atrelados à certificação de resultados, como os sistemas de PRN do Reino Unido, os modelos de responsabilidade estendida do

produtor da Alemanha e França, ou os sistemas híbridos coreanos e japoneses de créditos ambientais. Essas experiências reforçavam a necessidade de mecanismos de mercado transparentes e auditáveis, reconhecidos como instrumentos eficientes para incentivar inovação, atrair investimentos e garantir rastreabilidade (KUNZ *et al.*, 2018; OECD, 2016).

É nesse contexto que surge o Decreto nº 11.413/2023. Trata-se de um instrumento econômico alinhado à PNRS, capaz de recompensar financeiramente operadores e recicladores pelos resultados efetivamente comprovados, introduzindo uma lógica de pagamento por desempenho. Enquanto o Decreto nº 11.044/2022 estabelecia diretrizes gerais, o Decreto nº 11.413/2023 inaugurou um sistema estruturado de comprovação documental: cada unidade de CCRLR passou a ser lastreada por notas fiscais auditáveis, rastreáveis e sujeitas à validação independente (BRASIL, 2023).

Essa mudança reflete uma modernização institucional pautada por dois pilares principais. O primeiro diz respeito à criação de um mercado regulado de créditos de reciclagem, com regras nacionais uniformes, garantindo previsibilidade, padronização e maior alocação de recursos para cooperativas e empresas de reciclagem. O segundo está associado à necessidade de transparência, governança e confiabilidade dos dados (BRASIL, 2023).

A implantação de mecanismos de auditoria e controle aproxima o modelo brasileiro das práticas consolidadas internacionalmente, especialmente no âmbito da União Europeia e do Reino Unido, onde instrumentos semelhantes vêm sendo avaliados positivamente por sua capacidade de elevar taxas de reciclagem e estimular investimentos em tecnologia (TURNER *et al.*, 2011; EUROPEAN COMMISSION, 2018).

O decreto também dialoga com discussões mais amplas sobre a digitalização das cadeias de valor e sobre governança ESG. A criação de sistemas padronizados de registro e comprovação acompanha movimentos internacionais de integração entre dados ambientais, sociais e econômicos, em linha com recomendações do *Task Force on Climate-related Financial Disclosures* (A Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima fornece informações aos investidores sobre o que as empresas estão fazendo para mitigar os riscos das mudanças climáticas, além de ser transparente sobre a forma como são governadas.) e das normas IFRS S1 e S2.

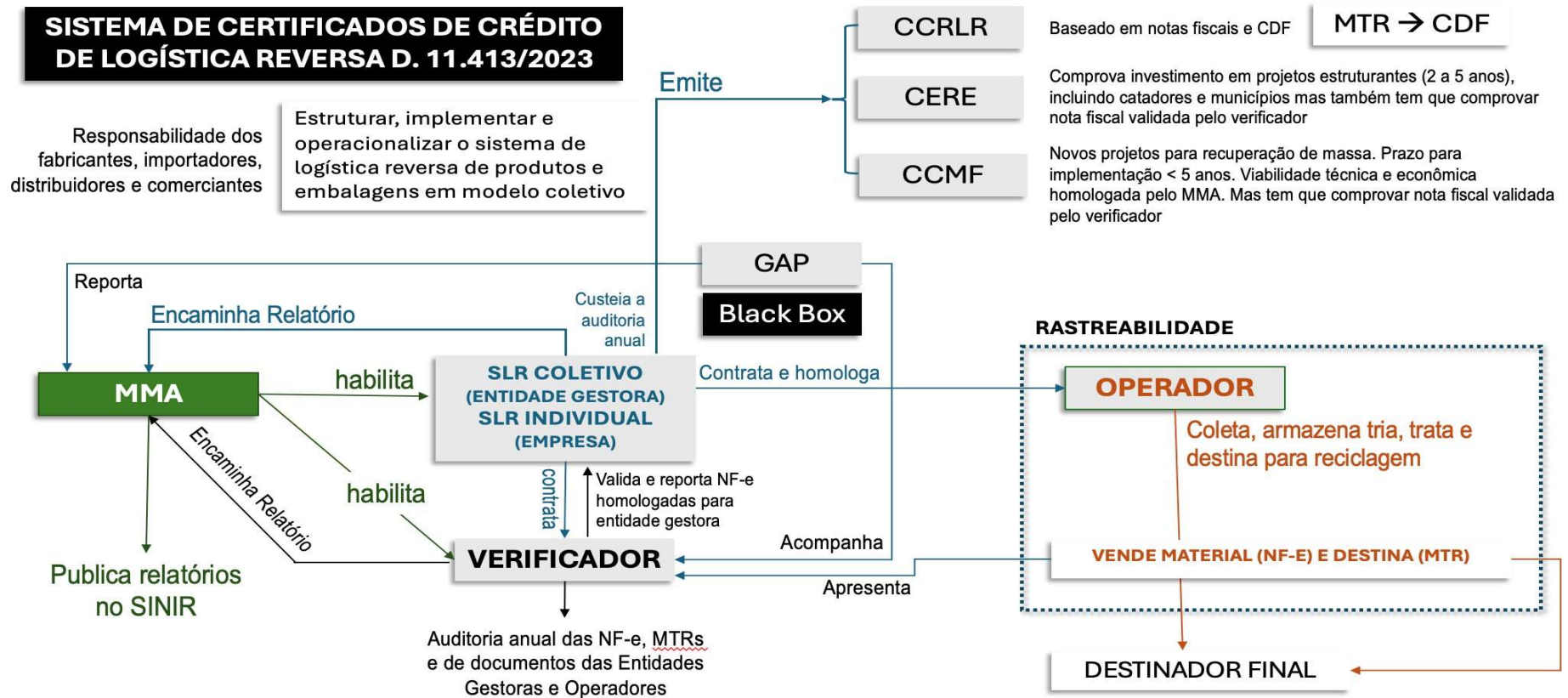
Os instrumentos econômicos ambientais somente alcançam máxima eficácia quando suportados por sistemas de rastreabilidade capazes de prevenir fraudes, garantir adicionalidade e aumentar a credibilidade dos certificados emitidos (MARRON & TODER, 2014).

Outro aspecto central da transição normativa é o fortalecimento das cooperativas de catadores. O Decreto nº 11.044/2022 reconhecia a importância dessas organizações, mas não as integrava diretamente a mecanismos financeiros estruturados. Já o Decreto nº 11.413/2023 insere as cooperativas como agentes fundamentais do mercado de créditos, permitindo que recebam remuneração proporcional aos volumes efetivamente reciclados e documentados (BRASIL, 2023).

Assim, a passagem do Decreto nº 11.044/2022 para o Decreto nº 11.413/2023 simboliza uma mudança qualitativa na política nacional de resíduos sólidos. Enquanto o marco de 2022 representou uma etapa necessária de organização institucional e definição de obrigações, o decreto de 2023 inaugura uma fase de maior maturidade normativa, marcada pela adoção de instrumentos econômicos sofisticados, aumento da transparência e fortalecimento da economia circular.

A Figura 1 apresenta a forma pela qual fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos e embalagens sujeitos à logística reversa podem comprovar o cumprimento de suas metas por meio do CCRLR, do CERE e do CCMF. Os créditos são emitidos pelas entidades gestoras, pessoas jurídicas previamente cadastradas no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos (SINIR), selecionadas mediante chamamento público promovido pelo MMA, responsáveis por estruturar, implementar e operacionalizar o sistema coletivo de logística reversa de produtos e embalagens.

Figura 01 – Fluxo do Sistema de emissão de certificados de Créditos de Logística Reversa (CCLR), de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral (CERE) e de Massa Futura (CCMF).



Fonte: Xavier e Mofati, 2025.

2.2.1.3 O Decreto nº 12.688/2025 que institui o sistema de logística reversa de embalagens de plástico

A publicação do Decreto nº 12.688, de 21 de outubro de 2025, marca um avanço decisivo na consolidação da PNRS ao regulamentar de forma específica os arts. 32, § 1º, e 33, § 1º, da Lei nº 12.305/2010, instituindo um sistema nacional obrigatório de logística reversa de embalagens de plástico (BRASIL, 2025).

Esse novo marco normativo representa a maturidade regulatória de um processo que se intensificou a partir de 2020, diante da crescente pressão por mecanismos robustos de economia circular, do aumento da produção e descarte de plásticos e da necessidade de alinhar a política brasileira às tendências internacionais de responsabilidade estendida do produtor e de governança baseada em evidências. O decreto de 2025 não surge isolado; ele é resultado da evolução normativa iniciada com o Decreto nº 11.044/2022, aprofundada pelo Decreto nº 11.413/2023, e que culmina na criação de um sistema mais padronizado, transparente e orientado por instrumentos econômicos.

A regulamentação específica da logística reversa de embalagens plásticas responde a um problema global. Estudos apontam que o plástico constitui um dos resíduos de maior persistência ambiental e de mais difícil gestão, com impactos significativos sobre a biodiversidade, os ecossistemas marinhos e a saúde pública (ROCHMAN *et al.*, 2013; GEYER, JAMBECK & LAW, 2017).

Em escala internacional, instrumentos de política pública passaram a exigir ações específicas para o setor, como os modelos EPR na União Europeia, que estabeleceram metas compulsórias para embalagens plásticas em suas Diretivas de Resíduos e de Embalagens, reforçadas pelo Plano de Ação para Economia Circular (EUROPEAN COMMISSION, 2018). O Decreto nº 12.688/2025 situa o Brasil dentro desse movimento global, respondendo a lacunas historicamente apontadas em diagnósticos nacionais de reciclagem de plásticos, como os relatórios da Abrelpe (2023), do Ipea (2022) e de análises setoriais da indústria.

O decreto estabelece um sistema de logística reversa que integra fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes em um arranjo

obrigatório, estruturado por metas progressivas, rastreabilidade digital, comprovação fiscal e mecanismos de auditoria. Ao fazê-lo, incorpora aprendizados obtidos com o CCRLR instituído em 2023, com o qual dialoga diretamente ao adotar o mesmo arcabouço de comprovação documental da reciclagem. A inovação central introduzida pela norma de 2025 é a criação de um sistema de rastreabilidade exclusivo para embalagens plásticas, com exigências mais rígidas de monitoramento e identificação das diferentes resinas, reconhecendo que a heterogeneidade química dos polímeros representa um desafio adicional para o tratamento e a reciclagem (BRASIL, 2025).

Em outros países, ss sistemas de rastreamento específicos para plásticos aumentam a eficiência da coleta e reduzem a contaminação dos fluxos de materiais, melhorando a qualidade da reciclagem (HOPEWELL, DVORAK & KOSIOR, 2009).

O decreto também adota uma abordagem orientada por resultados, substituindo a lógica declaratória que marcou a primeira década de implementação da PNRS por um modelo baseado em comprovação documental auditável (BRASIL, 2025). Essa mudança está alinhada às recomendações de organismos internacionais que defendem mecanismos financeiros e regulatórios que garantam a adicionalidade ambiental (é a garantia de que um projeto de sustentabilidade, como a geração de energia limpa ou conservação florestal, gera benefícios climáticos reais e adicionais - extras - que não ocorreriam sem o incentivo financeiro ou regulatório) e evitem dupla contagem, um problema recorrente em sistemas pouco digitalizados (OECD, 2020; WATKINS *et al.*, 2017). Ao exigir que cada unidade de embalagem reciclada seja comprovada por meio de notas fiscais válidas, lastreadas e verificáveis, o decreto fortalece a credibilidade das informações e aproxima a política brasileira das melhores práticas internacionais em EPR para plásticos.

Outro elemento central do Decreto nº 12.688/2025 é sua integração com instrumentos econômicos, especialmente o CCRLR, o Certificado de Estruturação e Reciclagem (CERE) e o Certificado de Crédito de Massa Futura (CCMF) (BRASIL, 2025). Essa articulação cria um sistema híbrido que combina incentivo à infraestrutura, estímulos à capacidade futura e remuneração por resultados. O uso complementar desses instrumentos reflete as recomendações da Fundação Ellen MacArthur (2015), segundo as quais a transição para a

economia circular de plásticos depende simultaneamente de investimentos em inovação, ampliação da capacidade instalada e fortalecimento de mercados secundários de materiais reciclados.

As cooperativas desempenham papel estratégico na recuperação de plásticos no Brasil, pois representam o principal agente responsável pela triagem desses resíduos, apesar de enfrentarem limitações estruturais e financeiras (DIAS, 2016; GUTBERLET, 2018). Ao garantir mecanismos financeiros e tecnológicos dedicados, o decreto busca reduzir desigualdades históricas e fortalecer a justiça socioambiental, em consonância com os princípios da PNRS.

O Decreto nº 12.688/2025 consolida um modelo de governança ambiental mais integrado e robusto, conectando metas específicas de reciclagem de plástico aos compromissos climáticos brasileiros, aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e às demandas crescentes por governança ESG no setor produtivo. Relatórios recentes do IPCC (2022) indicam que a redução do descarte inadequado de plásticos e sua substituição por sistemas circulares têm impactos diretos na redução de emissões associadas ao ciclo de vida dos materiais e a mitigação das mudanças climáticas.

Nesse sentido, o decreto inaugura uma fase normativa que consolida o plástico como prioridade regulatória, reconhecendo seu papel estratégico na transição ambiental brasileira.

Assim, o Decreto nº 12.688/2025 representa um marco jurídico fundamental ao estruturar, com especificidade e densidade normativa, a logística reversa de embalagens plásticas no Brasil. Suas diretrizes reforçam a transição para a economia circular, fortalecem instrumentos econômicos, ampliam a rastreabilidade, promovem inclusão social e aproximam o país das melhores práticas internacionais. Trata-se de um passo decisivo na maturidade da PNRS e na construção de um sistema de governança ambiental orientado pela eficiência, pela transparência e por resultados mensuráveis.

2.2.2 Estrutura operacional do CCRLR

A estrutura operacional do CCRLR é construída sobre o princípio da responsabilização econômica dos agentes do ciclo de vida dos produtos,

alinhando incentivos financeiros ao desempenho ambiental. Diferentemente dos sistemas declaratórios que caracterizaram os primeiros anos de implementação da PNRS, o CCRLR consolida um modelo de comprovação documental, capaz de demonstrar a massa de materiais efetivamente reciclada.

O mecanismo central da estrutura operacional do CCRLR consiste na emissão de certificados lastreados em notas fiscais válidas que comprovam a destinação correta, a triagem, o beneficiamento e a reciclagem dos materiais. Cada unidade de CCRLR corresponde a uma quantidade específica de resíduo reciclado, associada a um operador ou unidade de triagem previamente habilitada (BRASIL, 2023).

A etapa de auditoria externa constitui um segundo eixo estrutural essencial para a credibilidade do CCRLR. O decreto determina que a verificação dos certificados seja realizada por entidades independentes, com metodologia padronizada e critérios mínimos de rastreamento (BRASIL, 20223). Os sistemas de créditos ambientais dependem fortemente de mecanismos de verificação robustos para assegurar integridade e adicionalidade, como demonstrado pela experiência dos mercados de carbono regulados e voluntários (MARRON & TODER, 2014; ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010). Ao incorporar auditoria obrigatória, o CCRLR adere a padrões já consolidados em instrumentos financeiros ambientais, fortalecendo a confiança de empresas compradoras, reguladores e investidores.

A estrutura operacional do CCRLR também prevê a habilitação formal de operadores e unidades de triagem. As organizações que desejam gerar créditos devem atender a requisitos mínimos de regularidade fiscal, ambiental e sanitária; possuir processos de segregação, triagem e beneficiamento compatíveis com a legislação; e emitir notas fiscais capazes de comprovar a movimentação dos materiais (BRASIL, 2023).

Esse modelo de habilitação cria uma malha institucional mais organizada, e estudos recentes destacam que a formalização dos agentes de reciclagem aumenta a eficiência dos sistemas, diminui perdas e melhora a qualidade do material reciclado (HOPEWELL, DVORAK & KOSIOR, 2009; KUNZ ET AL., 2018). Ao estabelecer critérios de entrada no sistema, o CCRLR contribui para reduzir práticas informais que historicamente dificultam a rastreabilidade dos resíduos no país.

Outro elemento central da estrutura operacional é a integração dos certificados ao cumprimento das metas de logística reversa. Empresas sujeitas às obrigações legais podem adquirir CCRLR para comprovar o atingimento das metas previstas no Decreto nº 11.044/2022, posteriormente aprofundadas pelo Decreto nº 12.688/2025 para embalagens plásticas (BRASIL, 2025). Entretanto, o mecanismo poderia prever o uso da adesão voluntária para que empresas pudessem comprovar a reciclagem também.

Ao permitir a utilização de certificados baseados em resultados, o sistema oferece flexibilidade regulatória, reduz custos de conformidade e incentiva o investimento privado na formalização e ampliação da capacidade de reciclagem. Essa lógica é consistente com evidências internacionais de que instrumentos financeiros baseados em mercado produzem maior eficiência econômica do que sistemas puramente mandatórios, como demonstrado pelos PRNs britânicos e pelos mercados de EPR europeus (WATKINS *et al.*, 2017; EUROPEAN COMMISSION, 2018).

A estrutura operacional do CCRLR também possui uma dimensão social estratégica, ao integrar as cooperativas de catadores como agentes aptos a emitir certificados, desde que atendam aos requisitos normativos. Ao permitir que cooperativas gerem CCRLR a partir da reciclagem comprovada, o sistema amplia sua autonomia financeira, fortalece sua formalização e reconhece sua contribuição histórica para a sustentabilidade urbana. A inclusão produtiva dos catadores é, portanto, um elemento estruturante da operação do CCRLR, alinhado aos princípios de justiça social e equidade da PNRS. Porém, a necessidade da formalização burocrática pode afastar algumas cooperativas do cadastro nos mecanismos de crédito de reciclagem.

As plataformas digitais padronizadas, que integram geração, validação, auditoria e aquisição dos certificados reforçam a estrutura operacional do CCRLR. A digitalização do sistema é coerente com tendências internacionais de governança ambiental, que indicam que soluções tecnológicas são essenciais para garantir transparência, rastreabilidade e consistência de dados em mercados regulados (OECD, 2020). Essas plataformas permitem, ainda, análises automatizadas, cruzamento de informações e monitoramento em tempo real, ampliando a capacidade de fiscalização dos órgãos reguladores. A integração do CCRLR a sistemas digitais governamentais favorece a

interoperabilidade entre diferentes instrumentos, como CERE e CCMF, criando um ecossistema regulatório mais eficiente e coerente (MOFATI, 2025).

2.2.2.1 Entidades gestoras, operadores e cooperativas

A operacionalização do CCRLR depende de uma arquitetura institucional complexa, na qual entidades gestoras, operadores de reciclagem e cooperativas de catadores exercem papéis complementares e essenciais para garantir a rastreabilidade, a eficiência e a credibilidade do sistema.

Esses atores compõem a espinha dorsal da logística reversa moderna no Brasil, estabelecendo fluxos organizados de informação, validação documental e circulação financeira. A consolidação dessas funções deriva de uma evolução institucional alinhada à PNRS, à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e aos modelos internacionais de EPR que estruturam políticas de gestão de resíduos em países europeus, asiáticos e sul-americanos (MOFATI, 2025).

As entidades gestoras constituem o elemento de coordenação central da estrutura operacional do CCRLR. Inspiradas nos sistemas internacionais de EPR, especialmente nos consórcios europeus que administram fluxos de embalagens e resíduos pós-consumo, essas entidades têm como função gerir, monitorar e assegurar a conformidade de metas de logística reversa estabelecidas pelos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes (BRASIL, 2023).

A existência de organizações gestoras robustas é determinante para o êxito da política, permitindo economia de escala, redução de custos de transação e padronização de processos (Kunz et al., 2018; OECD, 2016). No contexto do CCRLR, essas entidades atuam como intermediárias técnicas e administrativas, garantindo que os certificados emitidos por operadores e cooperativas correspondam a fluxos efetivos de materiais reciclados e que estejam alinhados às metas regulatórias vigentes.

Os operadores de reciclagem, incluindo unidades de triagem, centrais de beneficiamento e indústrias recicladoras, constituem o núcleo operacional responsável pela geração dos créditos. O Decreto nº 11.413/2023 estabelece que apenas operadores habilitados podem emitir CCRLR, desde que

comproven a manipulação física dos resíduos e a correta destinação mediante notas fiscais auditáveis (BRASIL, 2023).

A qualidade da reciclagem depende diretamente da infraestrutura tecnológica disponível e da eficiência dos processos industriais, fatores que influenciam tanto a pureza dos materiais quanto sua competitividade nos mercados secundários (HOPEWELL, DVORAK & KOSIOR, 2009). Assim, operadores são responsáveis não apenas pela reciclagem, mas também pela integridade do sistema, uma vez que a emissão do crédito depende da verificação documental e da conformidade com normas ambientais e fiscais.

A habilitação de operadores também atende a uma necessidade histórica do setor brasileiro, frequentemente marcado pela informalidade, pela heterogeneidade tecnológica e pela ausência de padronização metodológica. Segundo Magni e Guinther (2014, p.154) “...as cooperativas devam firmar parcerias com organizações que possibilitem a capacitação de seus membros para uma prática efetivamente autogestionária”.

Neto (2011, p. 93) também aborda a capacitação dos catadores como uma questão importante para a gestão de resíduos sólidos:

Para que boas práticas sejam adotadas pelas cooperativas de catadores nas etapas da gestão de resíduos sólidos, que passarão a ser, ou já são em alguns municípios, de sua responsabilidade, a capacitação dos catadores passa a ser uma necessidade. Capacitá-los para a realização de suas atividades é outra exigência evidente, inclusive para tratar de aspectos de saúde e de segurança de trabalho, que são, atualmente, um dos pontos frágeis na operação das cooperativas.

O papel dos catadores, em ações locais de gestão de resíduos sólidos, é evidenciado pelo Artigo 19 da Lei Federal 12.305/2010, onde os Planos Municipais de Resíduos Sólidos deverão prever a especial participação desses atores (BRASIL, 2010):

Art. 19. O plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos tem o seguinte conteúdo mínimo: (...) XI - programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, s.

Estudos do Ipea (2022) e relatórios da Abrelpe (2023) apontam que a falta de integração entre operadores e sistemas públicos de informação comprometeu, durante anos, a rastreabilidade dos fluxos reversos. O CCRLR procura solucionar essa lacuna ao associar a emissão de créditos a entidades

formalizadas, garantindo maior estabilidade institucional e previsibilidade para os mercados de reciclagem.

Pesquisas de Dias (2016) e Gutberlet (2018) demonstram que cooperativas são responsáveis pela maior parte do volume de materiais recicláveis recuperados dos resíduos sólidos urbanos nas cidades brasileiras, apesar de operarem, muitas vezes, em condições precárias de infraestrutura e com baixa remuneração. A inclusão direta dessas organizações no CCRLR representa um avanço significativo, pois permite que cooperativas emitam créditos e recebam remuneração proporcional à massa reciclada, formalmente comprovada por meio de notas fiscais.

A participação das cooperativas no CCRLR não é apenas uma diretriz normativa, mas uma escolha estratégica alinhada à justiça socioambiental e ao princípio do desenvolvimento sustentável. Essas organizações possuem capacidade singular de acessar resíduos provenientes da coleta porta a porta, sendo responsáveis por grande parte da triagem inicial, sem a qual a reciclagem seria inviável em diversas regiões. A inclusão produtiva em cadeias reversas reforça que mecanismos financeiros dedicados, como os créditos de reciclagem, podem reduzir desigualdades estruturais e fortalecer a estabilidade econômica dessas organizações (PACHECO *et al.*, 2017). Ao remunerar diretamente sua contribuição, o CCRLR reconhece a centralidade dos catadores para a sustentabilidade do sistema.

A relação entre entidades gestoras, operadores e cooperativas no CCRLR exige mecanismos de governança robustos, pautados por padrões de transparência, auditoria e interoperabilidade digital. Os sistemas internacionais de EPR demonstram que a coordenação entre esses três atores é fundamental para evitar sobreposições, fraudes e inconsistências, bem como para garantir a integridade dos relatórios ambientais (WATKINS *et al.*, 2017). No Brasil, o decreto estabelece a necessidade de auditoria independente e de plataformas digitais integradas, garantindo que os certificados emitidos correspondam a reciclagem efetiva e evitando dupla contagem. Essa governança reforça a credibilidade do CCRLR e cria condições para expansão do mercado de créditos ambientais no país.

2.2.2.2 Verificação de resultados, rastreabilidade e auditoria

Em um cenário historicamente marcado por assimetrias de informação (PORTER; VAN DER LINDE, 1995), pela informalidade presente em grande parte da cadeia de reciclagem brasileira (IPEA, 2012; BOSI, 2018) e por recorrentes dificuldades na comprovação quantitativa das massas efetivamente recicladas (OECD, 2016; EUROPEAN COURT OF AUDITORS, 2020), a existência de mecanismos robustos de verificação torna-se condição indispensável para a consolidação de instrumentos econômicos ambientais. Os sistemas de responsabilidade estendida do produtor e certificação de resultados dependem de estruturas confiáveis de monitoramento, auditoria e rastreabilidade para evitar fraudes, dupla contagem equivocada, *greenwashing* (estratégia de marketing enganosa onde empresas criam uma falsa imagem de sustentabilidade para atrair consumidores conscientes) e distorções de mercado (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019; OECD, 2020).

Instrumentos baseados em certificação e resultados requerem mecanismos de controle capazes de assegurar adicionalidade, evitar dupla contagem e mitigar riscos de fraude, especialmente quando utilizados para fins regulatórios ou para atender a demandas de governança ESG (MARRON & TODER, 2014; ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010).

A verificação de resultados no âmbito do CCRLR fundamenta-se na comprovação documental da reciclagem por meio de notas fiscais válidas, que demonstram a movimentação física dos materiais desde sua coleta até sua transformação (BRASIL, 2023). O Decreto nº 11.413/2023 estabelece que cada crédito correspondente a uma unidade de material reciclado deve ser lastreado em documento fiscal hábil, ligado a operadores ou cooperativas habilitados e devidamente registrados em plataformas digitais oficiais.

A adoção desse modelo responde a uma necessidade amplamente identificada em relatórios nacionais, como os do Ipea (2022) e da Abrelpe (2023), que destacam a dificuldade histórica de rastrear fluxos reversos e de validar quantitativamente aquilo que é declarado pelos agentes obrigados.

A rastreabilidade desempenha, dentro dessa estrutura, o papel de conectar todos os elos da cadeia reversa em um fluxo contínuo de informação verificável. Diversos estudos ressaltam que sistemas eficazes de logística

reversa dependem de mecanismos de rastreamento capazes de acompanhar a origem, o transporte, a triagem e o processamento dos resíduos (OECD, 2016; EUROPEAN COMMISSION, 2020). É um componente central para a credibilidade e a integridade de instrumentos econômicos baseados em desempenho, reduzindo assimetrias de informação e fortalecendo a governança ambiental (OECD, 2020).

Os sistemas de rastreabilidade são fundamentais para a segurança regulatória em cadeias produtivas complexas, especialmente em setores como resíduos, alimentos e energia (OECD, 2020). A utilização de tecnologias digitais como registros eletrônicos, plataformas integradas e sistemas de monitoramento em tempo real é apontada como essencial para assegurar que a emissão de créditos ou certificações ambientais corresponda a processos reais, auditáveis e livres de manipulação (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019; RUTQVIST; LÜTKEPOHL, 2022).

No caso da reciclagem, a rastreabilidade torna-se ainda mais relevante devido à heterogeneidade dos materiais, às diferentes rotas tecnológicas e ao elevado risco de perda de massa ao longo das etapas. O CCRLR incorpora essa necessidade ao exigir a integração das notas fiscais em plataformas digitais governamentais padronizadas, permitindo o cruzamento de dados e a identificação de inconsistências em tempo real (MOFATI, 2025).

A digitalização das informações é, portanto, componente estratégico da rastreabilidade. Sistemas digitais de registro permitem que reguladores, entidades gestoras e auditores acompanhem fluxos de materiais com maior precisão, reduzindo custos de fiscalização e minimizando possibilidades de manipulação de dados (KOUHIZADEH, ZHU & SARKIS, 2020). Embora o Decreto nº 11.413/2023 não exija o uso de tais tecnologias específicas, ele adota o princípio da interoperabilidade e da transparência, incentivando o uso de plataformas digitais padronizadas e abertas à auditoria independente.

A auditoria externa constitui o terceiro componente fundamental dessa arquitetura de integridade. O decreto exige auditoria independente para validar os créditos emitidos, garantindo que a documentação seja consistente, que os materiais tenham sido efetivamente reciclados e que os agentes emissores estejam em conformidade com os requisitos legais, fiscais e ambientais (BRASIL, 2023).

A exigência de auditoria é consistente com modelos internacionais de instrumentos econômicos, como os mercados regulados de carbono na União Europeia e os sistemas voluntários certificados por padrões. Exemplos destes últimos são o *Gold Standard* e o *Verified Carbon Standard*, os quais dependem de verificação de terceira parte para assegurar a integridade ambiental dos créditos (GOLD STANDARD FOUNDATION, 2021). A adoção de auditorias externas no CCRLR insere o Brasil nesse padrão internacional de rigor, mitigando riscos de *greenwashing*, erros contábeis e fraudes sistêmicas.

A interação entre verificação, rastreabilidade e auditoria fortalece a confiança dos agentes econômicos no CCRLR e amplia sua capacidade de operar como instrumento de mercado. A confiança é um fator determinante para o funcionamento de sistemas baseados em certificados e créditos, pois incentiva empresas a investir em conformidade, reduz barreiras de transação e aumenta a liquidez dos créditos emitidos (STAVINS, 2019). Ao garantir dados confiáveis e padronizados, o CCRLR se torna um mecanismo mais previsível, permitindo que entidades gestoras, empresas obrigadas e cooperativas planejem suas operações com maior segurança jurídica e econômica.

A existência de mecanismos de verificação robustos é essencial para garantir alinhamento aos requisitos de governança ESG, especialmente à luz das normas IFRS S1 e S2 e das recomendações do *Task Force on Climate-related Financial Disclosures*. Esses padrões internacionais ressaltam a importância de dados verificáveis e auditados para que empresas possam reportar seu desempenho ambiental com credibilidade, evitando riscos de responsabilização regulatória e reputacional (TCFD, 2017).

2.2.3 Interface com o Sistema MTR Nacional e o SINIR

A interface entre o Certificado de Crédito de Reciclagem (CCRLR), o Sistema Nacional de Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR Nacional) SINIR constitui um dos elementos estruturantes da governança da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Como apontado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2023), a integração entre sistemas declaratórios e instrumentos econômicos ambientais é condição para assegurar a rastreabilidade e a

comprovação documental das operações de recuperação de materiais no âmbito da logística reversa.

Esses sistemas, articulados entre si, formam um ecossistema de informações capaz de integrar dados sobre geração, transporte, destinação e reciclagem, permitindo que o CCRLR opere com transparência, rastreabilidade e consistência documental. Estudos recentes reforçam que a confiabilidade dos fluxos informacionais é um elemento crítico para a efetividade de instrumentos de responsabilidade estendida do produtor (WATKINS *et al.*, 2021; OECD, 2016), especialmente em contextos marcados por assimetrias de informação e baixa formalização, como historicamente ocorreu no setor de reciclagem brasileiro (IPEA, 2017).

A consolidação dessa integração representa um avanço significativo no enfrentamento das lacunas históricas de informação que, por mais de uma década, contribuíram para dificultar a implementação efetiva da PNRS e comprometeram a credibilidade dos sistemas de logística reversa no país. Pesquisadores destacam que a ausência de dados padronizados e verificáveis foi um dos maiores entraves à mensuração de desempenho da política, afetando a capacidade de controle e a própria legitimidade social da logística reversa (JACOBI & BESEN, 2011; LEME, 2020). Nesse sentido, o alinhamento entre CCRLR, MTR Nacional e SINIR atende a recomendações presentes em avaliações internacionais sobre sistemas de EPR bem-sucedidos, que enfatizam a importância de sistemas robustos de monitoramento, auditoria e transparência (OECD, 2016; KAZA *et al.*, 2018).

O MTR Nacional, instituído por resoluções do Ministério do Meio Ambiente e consolidado em plataforma única nacional a partir de 2020, foi criado como ferramenta obrigatória de controle e monitoramento da movimentação de resíduos em território brasileiro. Ele registra, em tempo real, o transporte de resíduos desde sua origem até a destinação final, garantindo que cada etapa seja documentada por manifestos que permitem rastrear fluxos e evitar destinação irregular. Mecanismos desse tipo aumentam a fiscalização, reduzem práticas ilícitas e estruturam cadeias de informação antes fragmentadas (KAZA *et al.*, 2018). No contexto do CCRLR, o MTR Nacional proporciona uma camada de verificação adicional, permitindo que a emissão de créditos seja cotejada com as informações declaradas no transporte dos resíduos.

O SINIR, previsto pela PNRS e implementado como base nacional de dados sobre resíduos sólidos, desempenha função complementar ao atuar como repositório de informações agregadas sobre geração, destinação, reciclagem, planos municipais e estaduais de resíduos e cumprimento de metas setoriais. A integração entre o SINIR e o CCRLR permite que dados sobre reciclagem comprovada por notas fiscais auditáveis dialoguem com indicadores nacionais de gestão, evitando discrepâncias e fortalecendo a capacidade regulatória do poder público. Relatórios nacionais e diagnósticos ambientais, como os da Abrelpe (2023) e do Ipea (2022), mostram que a inconsistência de dados sempre foi um dos principais entraves para a efetividade das políticas de resíduos, dificultando o planejamento e a fiscalização. A utilização do SINIR como plataforma integradora contribui diretamente para superar esse obstáculo.

A interface técnica entre o CCRLR, o MTR Nacional e o SINIR não se limita à interoperabilidade de softwares, mas envolve a padronização de critérios, campos de informações, documentos fiscais e metodologias de cálculo. O Decreto nº 11.413/2023 exige que o CCRLR seja baseado em documentação fiscal compatível com os dados de movimentação de resíduos, assegurando que a reciclagem declarada esteja alinhada aos registros de transporte e destinação. Trata-se de um mecanismo de dupla verificação: o CCRLR atesta a reciclagem por meio de notas fiscais, enquanto o MTR registra o fluxo prévio do resíduo, e o SINIR consolida essas informações para fins de planejamento e fiscalização. Os mecanismos de verificação cruzada fortalecem a integridade de sistemas baseados em créditos ambientais, reduzindo riscos de fraude e inconsistências (MARRON & TODER, 2014; ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010).

Outro aspecto relevante da interface é sua contribuição para o cumprimento das metas de logística reversa estabelecidas pelos Decretos nº 11.044/2022 e nº 12.688/2025. A articulação entre os três sistemas permite que empresas obrigadas comprovem o atingimento de metas regulatórias com maior precisão e menor risco jurídico. Ao integrar o CCRLR à base consolidada do SINIR, o Estado brasileiro fortalece a capacidade de acompanhar o desempenho setorial e de orientar políticas públicas baseadas em evidências, prática amplamente recomendada por organismos internacionais como a OECD (2020).

A digitalização dos sistemas e sua interoperabilidade também favorecem o avanço da governança ESG no país. Empresas e investidores demandam cada

vez mais dados verificáveis e auditáveis para avaliar riscos ambientais, reportar indicadores e cumprir requisitos internacionais associados às normas IFRS S1 e S2. A integração entre CCRLR, MTR Nacional e SINIR fornece uma base de dados robusta que, ao mesmo tempo, atende necessidades regulatórias e aprimora o ambiente de negócios, criando confiança para operações de mercado envolvendo créditos ambientais. Pesquisas sobre governança digital mostram que sistemas interoperáveis aumentam a eficiência regulatória e reduzem custos administrativos (KOUHIZADEH, ZHU & SARKIS, 2020).

A interface entre esses sistemas reforça a inclusão social ao permitir maior visibilidade para o trabalho das cooperativas de catadores. Como cooperativas utilizam MTR e alimentam o SINIR, a integração com o CCRLR facilita a comprovação documental de suas atividades, ampliando sua formalização e sua participação em mercados de créditos de reciclagem. Estudos sobre inclusão produtiva, como os de Dias (2016) e Gutberlet (2018), indicam que a visibilidade institucional dos catadores é fundamental para garantir a remuneração adequada e a sustentabilidade econômica dessas organizações.

2.2.4 Riscos, fraudes e mecanismos de controle

Os instrumentos baseados em créditos, sejam eles de carbono, reciclagem ou serviços ambientais, dependem de sistemas robustos de controle, auditoria e rastreabilidade para garantir adicionalidade e evitar manipulação artificial de resultados (ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010; GOLD STANDARD FOUNDATION, 2021). A análise dos riscos é, portanto, componente essencial para a consolidação do CCRLR como mecanismo confiável e alinhado às metas da PNRS.

Entre os riscos mais recorrentes em sistemas baseados em certificados destaca-se a possibilidade de dupla contagem. A falta de integração ou padronização dos registros pode permitir que um mesmo lote de material reciclado seja contabilizado múltiplas vezes ao longo da cadeia, inflando artificialmente resultados e comprometendo a credibilidade do sistema. Esse risco é amplamente documentado em mercados de carbono, nos quais inconsistências de inventários nacionais e ausência de sistemas interligados de rastreabilidade levaram a contagens duplicadas e perdas de integridade

ambiental (STAVINS, 2019). No caso brasileiro, o CCRLR mitiga esse risco por meio do uso obrigatório de notas fiscais auditáveis e da integração com o Sistema MTR Nacional e com o SINIR, que permitem cruzamento de informações e verificação externa.

Outro risco significativo refere-se à emissão de créditos sem lastro. Trata-se da geração de certificados sem que ocorra efetivamente a reciclagem correspondente, seja por inexistência da massa reciclada, seja por documentos falsificados. Estudos sobre mercados ambientais indicam que fraudes documentais são uma das maiores ameaças à credibilidade e à longevidade de mecanismos econômicos (MARRON & TODER, 2014). No caso do CCRLR, o uso de nota fiscal eletrônica, a obrigatoriedade de auditoria independente e a necessidade de operadores habilitados funcionam como barreiras institucionais importantes contra esse tipo de irregularidade. Sistemas baseados em incentivos financeiros devem permanecer em constante aperfeiçoamento tecnológico e regulatório para evitar o surgimento de novas vulnerabilidades (KOUHIZADEH, ZHU & SARKIS, 2020).

A informalidade estrutural da cadeia de reciclagem no Brasil também constitui um risco relevante. Uma parcela significativa dos materiais recicláveis é manipulada por cooperativas e catadores autônomos que, apesar de essenciais, historicamente operam à margem de sistemas formais. Esse cenário pode gerar inconsistências na documentação, perda de rastreabilidade e dificuldades de comprovação quantitativa (MAGNI e GÜNTHER, 2014).

A inclusão das cooperativas como agentes aptos a gerar créditos representa um avanço, mas exige forte investimento em capacitação técnica, regularização fiscal e infraestrutura documental. Pesquisas de Dias (2016) e Gutberlet (2018) ressaltam que a fragilidade institucional das cooperativas aumenta a vulnerabilidade do sistema a erros involuntários e a desigualdades no acesso aos instrumentos econômicos, caso não sejam garantidos mecanismos de apoio e acompanhamento contínuo.

Há também riscos associados à assimetria de informações entre os agentes econômicos envolvidos. Em arranjos complexos como o CCRLR, fabricantes e importadores possuem maior capacidade técnica e jurídica para compreender e cumprir exigências normativas, enquanto operadores e cooperativas podem enfrentar barreiras de acesso à informação e dificuldades

no uso de plataformas digitais. Assimetrias dessa natureza podem levar a práticas oportunistas, subvalorização dos créditos ou concentração excessiva de benefícios em determinados grupos, comprometendo a eficácia distributiva da política ambiental. A economia institucional enfatiza que sistemas de informação desequilibrados afetam diretamente o desempenho de instrumentos de mercado (NORTH, 1990).

O risco de volatilidade econômica também merece destaque. Como o CCRLR é um instrumento financeiramente negociado, o valor dos créditos pode oscilar em função da oferta e demanda, de mudanças regulatórias ou de variações no custo da reciclagem. Volatilidade excessiva pode gerar instabilidade para operadores e cooperativas, reduzindo a previsibilidade necessária para investimentos de longo prazo. Experiências internacionais com PRNs britânicos e com mercados regulados de carbono mostram que a previsibilidade regulatória é fator essencial para evitar manipulação de preços e para manter a confiança dos agentes (WATKINS *et al.*, 2017; ELLERMAN *et al.*, 2010).

Para enfrentar esses riscos, o decreto institui um conjunto de mecanismos de controle que reforçam a integridade do sistema. A auditoria independente, exigida para validação dos créditos, representa o principal instrumento de garantia da correspondência entre documentação e reciclagem efetiva. As auditorias externas são fundamentais em mercados ambientais e devem seguir padrões técnicos claros, metodologia padronizada e independência total dos verificadores (GOLD STANDARD FOUNDATION, 2021). O uso de plataformas digitais integradas e interoperáveis, como o MTR Nacional e o SINIR, complementa esse esforço ao permitir cruzamento automático de dados e monitoramento contínuo dos fluxos de resíduos.

A adoção de tecnologias emergentes é outro componente crítico para o fortalecimento dos mecanismos de controle. O uso de *blockchain*, inteligência artificial e sistemas de verificação automatizada pode potencialmente reduzir fraudes e aumentar a transparência em sistemas de reciclagem. Estudos recentes mostram que tecnologias descentralizadas aumentam a rastreabilidade e diminuem falhas humanas, melhorando o nível de confiança em cadeias produtivas sustentáveis (KOUHIZADEH, ZHU & SARKIS, 2020).

2.3 CONTRIBUIÇÕES DO CCRLR À LOGÍSTICA REVERSA E À ECONOMIA CIRCULAR

O papel estratégico do CCRLR deve ser compreendido à luz das limitações históricas da PNRS. Desde sua promulgação em 2010, a PNRS enfrentou importantes barreiras para sua implementação plena, incluindo a informalidade predominante nas cadeias de reciclagem, a baixa capacidade operacional de municípios, a falta de padronização dos dados, a dificuldade de comprovação da reciclagem efetiva e a falta de priorização do tema nas agendas políticas municipais, estaduais e federal.

Relatórios nacionais como os da Abrelpe (2023) e estudos técnicos do Ipea (2022) evidenciam que, apesar de avanços pontuais, o país demorou mais de uma década para estruturar sistemas robustos de rastreabilidade e de controle que permitissem monitorar a destinação final dos resíduos de forma integrada e confiável.

Ao adotar uma lógica baseada em resultados comprovados por documentos fiscais auditáveis, o CCRLR altera o modo como a logística reversa é financeiramente sustentada e operacionalmente executada no Brasil. Essa mudança se alinha às recomendações internacionais para sistemas EPR, que defendem a remuneração baseada em evidências documentais verificáveis, como destacado pela OECD (2016) e pelo Banco Mundial (KAZA *et al.*, 2018).

A reciclagem de resíduos sólidos urbanos, que antes dependia sobretudo de investimentos públicos pontuais e da atuação de cooperativas frequentemente subfinanciadas — realidade caracterizada em estudos nacionais (IPEA, 2017; CEMPRE, 2022) — passa a acessar fluxos financeiros privados vinculados ao cumprimento de metas empresariais. Esse redirecionamento financeiro acompanha tendências observadas em países que adotaram instrumentos econômicos semelhantes, nos quais a comprovação auditável das massas recuperadas funciona como base para a remuneração das etapas da cadeia (WATKINS *et al.*, 2021; GUPT & SAHAY, 2015).

Pesquisas apontam que a ausência histórica de mecanismos robustos de verificação e rastreabilidade contribuía para ineficiências, inviabilizava a formação de preços e dificultava a alocação de recursos privados no setor de reciclagem (JACOBI & BESEN, 2011; LEME, 2020). Assim, ao condicionar a

emissão do crédito à apresentação de notas fiscais auditáveis e à rastreabilidade via MTR e SINIR, o CCRLR fortalece um ambiente financeiro mais previsível e baseado em desempenho, aspecto essencial para atrair investimentos privados e promover eficiência econômica na logística reversa (OECD, 2016; MMA, 2023).

Instrumentos de mercado bem desenhados são cruciais para superar barreiras estruturais da reciclagem, como falta de investimento, volatilidade de preços e ausência de demanda estável por materiais reciclados (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015; OECD, 2020). Nesse sentido, o CCRLR contribui para estabilizar o fluxo financeiro destinado à reciclagem, criando incentivos econômicos contínuos para operadores e cooperativas. Além disso, ao integrar-se ao Sistema MTR Nacional e ao SINIR, o instrumento melhora significativamente o ecossistema de informações disponível para gestores públicos e privados, corrigindo assimetrias históricas de dados e fortalecendo a governança ambiental brasileira.

O CCRLR também possui relevância estratégica na transição para a economia circular ao estimular inovação tecnológica e modernização da infraestrutura do setor. A exigência de documentação fiscal, auditoria independente e rastreabilidade digital incentiva a profissionalização das unidades de triagem, aumentando a competitividade dos recicladores e qualificando o mercado de materiais secundários. Pesquisas como as de Hopewell, Dvorak e Kosior (2009) demonstram que a qualidade da reciclagem e a viabilidade dos mercados recicláveis dependem diretamente de investimentos tecnológicos e da formalização dos operadores, ambos elementos fortalecidos pelo modelo do CCRLR.

Adicionalmente, o CCRLR reforça a coerência entre política de resíduos sólidos, compromissos climáticos e governança ESG. A redução de resíduos enviados a aterros, a diminuição da demanda por matérias-primas virgens e o incentivo a rotas produtivas menos intensivas em carbono resultam em impactos ambientais significativos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019; OECD, 2020).

Relatórios do IPCC (2022) evidenciam que cadeias circulares têm potencial para reduzir emissões de gases de efeito estufa associadas à produção de novos materiais, especialmente por meio da diminuição da extração de recursos naturais, do uso intensivo de energia e dos processos industriais

baseados em combustíveis fósseis. O relatório *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change* (Mudanças Climáticas 2022: Mitigação de Mudanças Climáticas, em tradução livre) destaca que estratégias de circularidade, como reciclagem de plásticos, metais e papel, podem reduzir substancialmente emissões do setor industrial ao promover a reutilização de materiais e a substituição de matérias-primas virgens (IPCC, 2022).

Paralelamente, a crescente demanda do setor empresarial por dados auditáveis para atendimento das normas IFRS S1 e IFRS S2 — que exigem divulgação de riscos, oportunidades e métricas climáticas baseadas em informações verificáveis e rastreáveis (IFRS Foundation, 2023a; 2023b) — reforça o papel do CCRLR como instrumento capaz de fornecer evidências verificáveis de desempenho ambiental. A vinculação do crédito a documentos fiscais auditáveis, rastreabilidade via MTR e SINIR e auditorias independentes cria uma base de dados alinhada às exigências de transparência e governança de sustentabilidade previstas nos padrões internacionais de reporte.

Em perspectiva sistêmica, o CCRLR contribui para a efetividade da logística reversa ao articular três dimensões essenciais: econômica, social e ambiental. Na dimensão econômica, poderá desenvolver um mercado formal para créditos de reciclagem, ampliando investimentos privados e reduzindo custos transacionais da conformidade regulatória — movimento alinhado às recomendações internacionais para instrumentos de EPR, conforme documentado pela OECD (2016) e pelo Banco Mundial (KAZA *et al.*, 2018).

Na dimensão social, valoriza a atuação das cooperativas de catadores e impulsiona sua profissionalização, fortalecendo um segmento historicamente marginalizado. Estudos nacionais revelam que a inclusão econômica de catadores é fator crítico para a expansão da reciclagem urbana e para a redução da informalidade, representando um dos pilares da PNRS (IPEA, 2017; Dias, 2016). Relatórios internacionais também destacam o papel central dos trabalhadores informais na cadeia de reciclagem em países de renda média, ressaltando que políticas baseadas em instrumentos econômicos só são efetivas quando integram esses atores de forma estruturada (UN-HABITAT, 2010).

Na dimensão ambiental, o CCRLR aumenta a taxa real de reciclagem, reduz o envio de resíduos a aterros e diminui impactos derivados da extração de recursos naturais — resultados consistentes com evidências consolidadas sobre

o potencial da economia circular para reduzir pressão ambiental e emissões de carbono (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019; IPCC, 2022). A combinação desses elementos aproxima o Brasil de modelos internacionais de circularidade e reforça o papel do país como ator emergente em políticas sustentáveis baseadas em instrumentos econômicos e mecanismos de mercado (OECD, 2020).

Pesquisadores destacam que mecanismos econômicos associados a sistemas de rastreabilidade e verificação independente tendem a gerar maior eficiência regulatória e previsibilidade de investimentos em políticas de resíduos (OECD, 2016; WORLD BANK, 2018).

Suas contribuições ultrapassam o campo regulatório e alcançam a esfera do desenvolvimento sustentável, ao integrar inclusão social, eficiência econômica, transparência e rigor ambiental — elementos fundamentais para modelos modernos de economia circular (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019). As políticas de reciclagem que combinam instrumentos econômicos com fortalecimento de cooperativas produzem impactos ambientais, econômicos e sociais superiores aos modelos baseados exclusivamente em regulação direta (IPEA, 2017; DIAS, 2016).

O fortalecimento contínuo desse instrumento, alinhado à evolução tecnológica e aos objetivos da PNRS, será decisivo para que o país avance rumo a um modelo de desenvolvimento orientado pela circularidade, pela eficiência de recursos e pela justiça socioambiental. Essa convergência está em sintonia com recomendações internacionais para a transição sustentável, que enfatizam sistemas de governança integrados, baseados em métricas, evidências verificáveis e inclusão social como vetores de transformação estrutural (UNEP, 2021; IPCC, 2022).

2.3.1 Viabilização econômica da logística reversa

Desde a promulgação da Lei nº 12.305/2010, a implementação de sistemas de logística reversa tem enfrentado obstáculos significativos relacionados à insuficiência de financiamento, à informalidade do setor, à fragmentação das cadeias produtivas e à ausência de mecanismos econômicos capazes de internalizar os custos ambientais associados ao ciclo de vida dos

produtos. Estudos demonstram que a falta de recursos estáveis e de instrumentos financeiros dedicados limitou a expansão da reciclagem no país, especialmente em cadeias de menor valor agregado (IPEA, 2017; CEMPRE, 2022).

A informalidade persistente do setor, marcada pela predominância de catadores trabalhando em condições precárias e fora de estruturas formais — é amplamente reconhecida como uma das principais barreiras estruturais à implementação da PNRS (DIAS, 2016; UN-HABITAT, 2010). Da mesma forma, pesquisas destacam que a fragmentação das cadeias e a ausência de coordenação entre geradores, transportadores e recicladores dificultaram o rastreamento dos fluxos de resíduos e comprometeram a governança da logística reversa (JACOBI & BESEN, 2011; LEME, 2020).

No campo econômico, organismos internacionais já alertavam que políticas de gestão de resíduos são menos efetivas quando não incorporam mecanismos capazes de internalizar custos ambientais e distribuir responsabilidades entre produtores, consumidores e gestores públicos — princípio central da Responsabilidade Estendida do Produtor (OECD, 2016; KAZA *et al.*, 2018). A ausência de tais instrumentos no Brasil durante a primeira década da PNRS explica parte das dificuldades enfrentadas para elevar taxas de reciclagem e garantir transparência no cumprimento das metas.

O debate sobre a viabilidade econômica da logística reversa costuma destacar que os custos associados à coleta, triagem, transporte e reciclagem são superiores àqueles necessários para a simples disposição final em aterros sanitários, sobretudo em países com baixa taxa de reciclagem e infraestrutura limitada. Essa realidade foi evidenciada por Kaza *et al.* (2018), que mostram que a reciclagem depende de incentivos financeiros contínuos para competir com rotas mais baratas, porém ambientalmente inferiores.

No Brasil, a Abrelpe (2023) estima que grande parte dos municípios não possui capacidade financeira para estruturar sistemas eficientes de coleta seletiva, o que torna a participação do setor privado e a criação de mercados ambientais fundamentais para a expansão do setor.

A teoria econômica aplicada à gestão ambiental demonstra que externalidades negativas associadas ao descarte inadequado de resíduos — como impactos sobre o solo, a água, emissões de gases de efeito estufa e perda

de biodiversidade não são internalizadas nos preços de mercado, gerando um desequilíbrio na alocação de recursos (PIGOU, 1920; PEARCE & TURNER, 1990).

Pearce & Turner, 1990 explicam que no caso do solo, a disposição irregular de resíduos industriais contendo metais pesados (como chumbo e cádmio) pode provocar contaminação persistente, reduzindo a fertilidade, inviabilizando o uso agrícola da área e gerando custos elevados de remediação ambiental que não são arcados pelo consumidor final do produto. Em relação à água, o descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos em lixões a céu aberto favorece a formação de chorume, substância altamente poluente que infiltra no solo e atinge lençóis freáticos, comprometendo o abastecimento público e impondo custos adicionais ao sistema de tratamento hídrico.

No que se refere às emissões de gases de efeito estufa, a decomposição anaeróbica da fração orgânica dos resíduos em aterros ou lixões gera metano (CH_4), gás com elevado potencial de aquecimento global, contribuindo para as mudanças climáticas sem que esse custo climático esteja refletido no preço dos bens consumidos. Já a perda de biodiversidade pode ocorrer quando resíduos plásticos atingem ecossistemas aquáticos e marinhos, causando mortalidade de fauna por ingestão ou emalramento, além da degradação de habitats naturais, impactos cujos custos ecológicos e sociais são difusos e dificilmente precificados (PEARCE & TURNER, 1990)

Assim, tais externalidades representam falhas de mercado típicas, justificando a adoção de instrumentos econômicos e regulatórios — como tributos ambientais, responsabilidade estendida do produtor e sistemas de logística reversa — voltados à internalização desses custos e à promoção de uma alocação mais eficiente e sustentável dos recursos.

As experiências internacionais de EPR mostram que a viabilização econômica de sistemas de logística reversa depende da criação de instrumentos financeiros que distribuam custos de maneira equitativa entre fabricantes, importadores, comerciantes e consumidores. Estudos de Watkins *et al.* (2017) e de Niero e Olsen (2016) demonstram que sistemas baseados exclusivamente em comando e controle são insuficientes para promover mudanças estruturais, sendo necessária a adoção de mecanismos de mercado, metas graduais e taxas de contribuição que assegurem a sustentabilidade financeira das cadeias

reversas. No caso brasileiro, o CCRLR cumpre esse papel ao criar um fluxo financeiro contínuo que remunera operadores e cooperativas, lastreado em resultados efetivamente comprovados.

A logística reversa, portanto, exige mecanismos capazes de corrigir essas falhas de mercado. Os instrumentos econômicos ganham relevância, pois permitem atribuir valor monetário aos serviços ambientais associados à reciclagem, estimulando investimentos privados e ampliando a sustentabilidade financeira das operações.

A inclusão das cooperativas de catadores como beneficiárias diretas desses instrumentos constitui aspecto central da viabilização econômica da logística reversa. Como evidenciado por Bosi (2008), Dias (2016) e Medina (2008), essas organizações historicamente atuam como pilares da reciclagem no Brasil, mas operam com baixa remuneração, infraestrutura precária e elevado nível de insegurança econômica. A remuneração por serviços ambientais — como a proporcionada pelo CCRLR — contribui para a formalização do trabalho, para o aumento da renda e para a estabilidade das atividades de triagem, reforçando a dimensão social da PNRS.

A viabilização econômica da logística reversa está igualmente vinculada à capacidade de criar mercados secundários robustos para materiais reciclados. A falta de demanda estável por materiais recuperados gera volatilidade de preços e inviabiliza investimentos de longo prazo (HOPEWELL, DVORAK & KOSIOR, 2009; GUPT & SAHAY, 2015). Nesse sentido, o CCRLR não apenas remunera a reciclagem, mas também cria sinalização econômica para que empresas internalizem custos ambientais e integrem materiais reciclados às suas cadeias produtivas, fortalecendo a circularidade e reduzindo a dependência de matérias-primas virgens.

Os estudos de Ellerman, Convery e De Perthuis (2010) e de Stavins (2019) evidenciam que instrumentos econômicos só se consolidam quando operam com elevados padrões de integridade e transparência.

Outro componente da viabilização econômica é a previsibilidade regulatória. Mudanças frequentes na legislação ou ausência de diretrizes claras podem gerar insegurança jurídica e retração de investimentos, como demonstram estudos de Blackman e Harrington (2000) sobre políticas ambientais de países em desenvolvimento. A evolução normativa que culminou

nos Decretos nº 11.044/2022, nº 11.413/2023 e nº 12.688/2025 criou um ambiente regulatório mais estável, permitindo que empresas planejem investimentos, operadores ampliem sua capacidade produtiva e cooperativas se profissionalizem. Esse alinhamento aumenta a atratividade do setor e favorece a formação de mercados estruturados de créditos de reciclagem.

A viabilização econômica da logística reversa, portanto, exige a combinação de mecanismos financeiros robustos, governança institucional eficiente, participação social inclusiva e estabilidade regulatória. As políticas de resíduos sólidos só alcançam escala quando combinam mecanismos econômicos capazes de internalizar externalidades, sistemas de governança integrados e instrumentos regulatórios que ofereçam previsibilidade e incentivos ao investimento privado (OECD, 2016; WORLD BANK, 2018).

O CCRLR representa a convergência desses elementos ao criar incentivos financeiros alinhados a resultados, internalizar os custos ambientais associados ao ciclo de vida dos produtos, promover inclusão produtiva de catadores e contribuir para o desenvolvimento de mercados sustentáveis. Estudos indicam que instrumentos econômicos vinculados à logística reversa e à economia circular aumentam a eficiência do uso de recursos, reduzem a pressão sobre aterros e melhoram o desempenho ambiental das cadeias produtivas (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019; UNEP, 2021). Pesquisas brasileiras demonstram que modelos que articulam incentivos financeiros com a profissionalização de cooperativas geram resultados sociais e econômicos superiores, fortalecendo a inserção de catadores no mercado formal (IPEA, 2017; DIAS, 2016).

Trata-se, portanto, de um instrumento que fortalece a economia circular, melhora a eficiência do uso de recursos e viabiliza a transição do país para modelos produtivos ambientalmente responsáveis e economicamente viáveis — movimento coerente com as recomendações de organismos internacionais para a transição sustentável (OECD, 2020; IPCC, 2022).

2.3.2 Estímulo à formalização e inclusão de cooperativas de catadores

Estudos clássicos e contemporâneos sobre a atividade de catação como os de Medina (2008), Bosi (2008), Dias (2016), Gutberlet (2018) e Gualtieri

(2020), demonstram que a informalidade sistêmica é um dos maiores desafios à consolidação de políticas inclusivas e eficientes de gestão de resíduos sólidos. O CCRLR surge como um instrumento de inovação social e econômica ao criar mecanismos capazes de formalizar relações produtivas, ampliar a renda das cooperativas e fortalecer sua participação em cadeias produtivas mais complexas.

A PNRS, desde sua origem, reconhece os catadores como atores essenciais da coleta seletiva, da logística reversa e da economia circular. O art. 36 da Lei nº 12.305/2010 estabelece que o poder público deve priorizar a participação dessas organizações, promovendo sua inclusão em contratos de prestação de serviços e fomentando sua autonomia econômica. (BRASIL, 2010).

Contudo, a implementação prática desse dispositivo encontrou diversos obstáculos, entre eles a baixa capacidade institucional de municípios, a ausência de políticas continuadas de apoio e a dificuldade das cooperativas em acessar mercados mais complexos. Pesquisas de Ribeiro e Besen (2007) e de Sá Leitão (2019) demonstram que, apesar do reconhecimento legal, a realidade operacional das cooperativas continuou marcada por descontinuidade de financiamento e carência de infraestrutura básica.

O CCRLR representa uma mudança substantiva, pois o instrumento cria um fluxo financeiro, privado e baseado em resultados, permitindo que cooperativas recebam remuneração diretamente associada à reciclagem comprovada. A formalização econômica das cooperativas ocorre de forma multifacetada. Em primeiro lugar, ao exigir emissão de notas fiscais válidas para a geração de créditos, o CCRLR incentiva que cooperativas regularizem sua situação fiscal, contábil e administrativa. Isso contribui para que elas deixem a condição de informalidade, passando a operar como agentes econômicos reconhecidos (BRASIL, 2023).

Como argumenta De Oliveira (2015), a formalização não é apenas um requisito burocrático, mas um mecanismo que amplia direitos, inclusive sociais, acesso a políticas de crédito e capacidade de negociação. Em segundo lugar, o CCRLR cria incentivos para melhoria da governança interna das cooperativas, promovendo maior organização administrativa, capacitação de lideranças e fortalecimento da autogestão, aspectos ressaltados em diversos estudos sobre economia solidária (SINGER, 2002; GAIGER, 2019).

No campo operacional, a participação das cooperativas no CCRLR contribui para a profissionalização da triagem e do beneficiamento de resíduos. Ao remunerar diretamente o serviço de reciclagem, o instrumento incentiva o investimento em equipamentos, infraestrutura e capacitação técnica. Gutberlet (2018) destaca que o aumento da eficiência das cooperativas depende não apenas de investimentos materiais, mas também do reconhecimento institucional e da participação ativa em cadeias produtivas mais amplas. A lógica do CCRLR se alinha a essa perspectiva ao incorporar cooperativas como agentes emissores de créditos, valorizando a expertise acumulada desses trabalhadores ao longo de décadas de atuação.

O estímulo à inclusão também possui dimensão simbólica e sociopolítica. Durante muitos anos, os catadores foram invisibilizados pela gestão pública e pelo setor privado, apesar de serem responsáveis pela maior parcela da reciclagem real no país, quando se trata de resíduos sólidos urbanos. A invisibilidade institucional reforça estigmas, gera marginalização e dificulta processos de organização coletiva (BOSI, 2008; GOULART, 2021). O CCRLR, ao reconhecer oficialmente o papel das cooperativas, contribui para alterar essa lógica, integrando a atividade de catação a um sistema regulatório moderno e legitimado. Esse reconhecimento oficial é fundamental para fortalecer a identidade profissional, ampliar o poder de barganha e promover equidade socioambiental.

Do ponto de vista econômico, a inclusão produtiva das cooperativas por meio do CCRLR contribui para corrigir falhas de mercado associadas à ausência de remuneração pelos serviços ambientais prestados. Pesquisas de Gutberlet, Carenzo e Kain (2017) apontam que os catadores realizam atividades de alto valor ambiental, como desvio de resíduos de aterros, redução de emissões de gases de efeito estufa e prolongamento da vida útil dos materiais — mas raramente são compensados por isso. O CCRLR corrige essa distorção ao remunerar o resultado efetivo da reciclagem, internalizando benefícios socioambientais que tradicionalmente não eram contabilizados.

A inclusão das cooperativas também possui implicações importantes para a governança da logística reversa. Estudos internacionais sobre EPR, como os de Mayers (2007) e Kunz *et al.* (2018), apontam que sistemas eficazes requerem participação de múltiplos atores, especialmente daqueles localizados na base

das cadeias produtivas. Ao integrar cooperativas ao sistema de créditos, o CCRLR fortalece a governança colaborativa, ampliando o compartilhamento de responsabilidades e a circulação de informações. Essa integração reduz assimetrias históricas de poder entre grandes empresas e agentes da base da pirâmide, contribuindo para uma governança ambiental mais democrática e eficaz.

Do ponto de vista normativo, a inclusão das cooperativas representa a concretização de princípios constitucionais associados à dignidade humana, à função social do trabalho e à justiça socioambiental. Jacobi (2012) e Montañó (2017), enfatizam que instrumentos econômicos ambientais devem incorporar dimensões sociais, especialmente em países com profundas desigualdades estruturais. O CCRLR se destaca justamente por unir incentivo econômico, proteção ambiental e inclusão social, constituindo um arranjo institucional coerente com o desenvolvimento sustentável em suas múltiplas dimensões.

2.3.3 Reintrodução de materiais recicláveis na cadeia produtiva

Ao permitir que materiais descartados retornem aos ciclos produtivos, reduz-se a demanda por matérias-primas virgens, diminuem-se impactos ambientais associados à extração de recursos naturais e ampliam-se oportunidades econômicas relacionadas à produção de bens com menor pegada ambiental. A reciclagem e a circularidade dos materiais contribuem para a redução de emissões de gases de efeito estufa, para a contenção de danos sobre a biodiversidade e para o aumento da eficiência no uso de recursos (GEYER, JAMBECK & LAW, 2017; HÄYHÄ ET AL., 2016; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015). A reintrodução de materiais recicláveis emerge não apenas como prática ambientalmente desejável, mas como estratégia econômica necessária para a competitividade industrial contemporânea.

A lógica de reintrodução de materiais recicláveis está intrinsecamente relacionada ao conceito de ciclo de vida dos produtos, segundo o qual os impactos ambientais devem ser avaliados desde a extração das matérias-primas até o descarte final. Estudos de Finnveden *et al.* (2009) mostram que a substituição de materiais virgens por reciclados é uma das estratégias mais eficazes para reduzir impactos ambientais ao longo do ciclo de vida,

especialmente em setores como plásticos, metais, papel e vidro. Em países com infraestrutura de reciclagem consolidada, a circularidade dos materiais tornou-se elemento estratégico de políticas industriais e climáticas, como evidenciado nos planos da União Europeia para economia circular e neutralidade climática (EUROPEAN COMMISSION, 2020).

No Brasil, entretanto, a reintrodução de materiais recicláveis enfrenta desafios estruturais decorrentes da baixa taxa de reciclagem, da informalidade da cadeia, da falta de padronização de informações e da insuficiência de incentivos econômicos (CEMPRE, 2022; IPEA, 2017). O CCRLR contribui para superar essas limitações ao criar um mecanismo de remuneração baseado em resultados que fortalece os elos iniciais da cadeia (coleta, triagem e beneficiamento).

Ao remunerar operadores, cooperativas e recicladores pela massa efetivamente reciclada, o instrumento reduz custos operacionais, incentiva investimento em infraestrutura e melhora a qualidade dos materiais recuperados. Estudos de Hopewell, Dvorak e Kosior (2009) demonstram que a qualidade técnica dos materiais reciclados está diretamente associada ao investimento em triagem e à eficiência dos operadores, reforçando o papel estratégico do CCRLR nesse processo.

Pesquisas de Gaustad *et al.* (2018) e Reh (2013) apontam que cadeias produtivas circulares aumentam a resiliência das indústrias ao reduzir sua dependência de recursos primários, especialmente em economias emergentes sujeitas a flutuações de mercado. Assim, o CCRLR contribui não apenas para a sustentabilidade ambiental, mas também para a estabilidade macroeconômica e para a resiliência das cadeias industriais brasileiras.

A demanda crescente por materiais reciclados impulsiona pesquisas em novos processos de revalorização, tecnologias de reciclagem, ecodesign e simbiose industrial. Como evidenciam trabalhos de Korhonen, Honkasalo e Seppälä (2018), a transição para a economia circular está fortemente associada à inovação, à adoção de novas tecnologias e à reconfiguração dos modelos de produção.

Relatórios do IPCC (2022) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2021) demonstram que a reciclagem de materiais contribui

para a mitigação das mudanças climáticas ao reduzir a energia incorporada na produção de bens, especialmente em setores de alta intensidade energética.

A produção de alumínio a partir de sucata, por exemplo, demanda cerca de 95 por cento menos energia elétrica do que a produção primária, enquanto a reciclagem de plásticos reduz emissões associadas à extração e à síntese de polímeros derivados de combustíveis fósseis (SHEN, WORRELL & PATEL, 2010). Dessa forma, ao estimular a recuperação de materiais, o CCRLR contribui também para a agenda climática, reforçando a convergência entre economia circular e descarbonização.

A reintrodução de materiais recicláveis depende igualmente de mercados estruturados e de cadeias de valor integradas. Pesquisas de Gupt e Sahay (2015) e de Cochran e Townsend (2010) mostram que a viabilidade econômica da reciclagem está diretamente associada à qualidade e estabilidade da demanda por materiais reciclados e à existência de políticas que estimulem sua utilização. No Brasil, a integração entre o CCRLR, o SINIR e o MTR Nacional contribui para dar segurança às indústrias que utilizam materiais reciclados, ao fornecer dados verificáveis e auditáveis sobre volumes reciclados e fluxo de materiais. Essa confiabilidade é essencial para estabelecer contratos de fornecimento, reduzir riscos de abastecimento e ampliar a competitividade dos materiais reciclados frente aos virgens.

Outro aspecto relevante é a dimensão socioeconômica da reintrodução dos materiais recicláveis. As cooperativas de catadores desempenham papel central na alimentação da cadeia produtiva com materiais recuperados dos resíduos sólidos urbanos, especialmente em municípios onde a coleta seletiva é incipiente. A remuneração trazida pelo CCRLR fortalece essas organizações, aumenta sua capacidade de fornecimento e melhora a qualidade dos materiais destinados à indústria. Estudos de Dias (2016) e IPEA (2022) destacam que a inclusão dos catadores aumenta a eficiência do sistema como um todo e melhora significativamente os indicadores de circularidade.

2.3.4 Redução da extração de recursos naturais virgens

A redução da extração de recursos naturais virgens constitui um dos efeitos ambientais mais relevantes associados à expansão da logística reversa e da

economia circular, sendo também uma das contribuições estratégicas do CCRLR para a sustentabilidade no Brasil. Em um contexto de crescente pressão sobre os ecossistemas, marcado pelo esgotamento de recursos minerais, intensificação da degradação ambiental e aumento da demanda global por matérias-primas, a substituição de insumos virgens por materiais reciclados emerge como urgência ambiental e necessidade econômica (ROCKSTRÖM, *et al.*, 2009).

Estudos internacionais demonstram que a extração primária de recursos está diretamente relacionada à perda de biodiversidade, à degradação de solos, à contaminação hídrica e às emissões de gases de efeito estufa (UNEP, 2019; IPBES, 2019; STEFFEN *et al.*, 2015). Nessa perspectiva, a circularidade dos materiais representa uma estratégia essencial para a manutenção de limites planetários e para a reconfiguração dos sistemas produtivos globais.

O modelo linear de produção e consumo, baseado em extrair, produzir, consumir e descartar, mostrou-se ambientalmente insustentável e economicamente ineficiente. Segundo dados do *International Resource Panel* (IRP), o uso global de recursos naturais mais que triplicou desde 1970, e projeta-se que poderá dobrar novamente até 2060 caso não haja mudanças estruturais (UNEP, 2021). Esse ritmo de extração exerce pressão crescente sobre reservas minerais, florestas, recursos hídricos e sistemas agrícolas, tornando urgente a adoção de modelos circulares. Estudos de Krausmann *et al.* (2018) demonstram que a economia mundial já ultrapassa limites de extração compatíveis com a estabilidade climática e ecológica, ressaltando a importância de mecanismos que reduzam a dependência de insumos primários.

A reciclagem desempenha papel decisivo nesse contexto ao diminuir a necessidade de novas extrações e ao preservar estoques naturais. A reintrodução de materiais recicláveis na indústria reduz significativamente a demanda por matérias-primas virgens, diminuindo os impactos ambientais associados à mineração e à exploração de recursos naturais. Pesquisas de Allwood *et al.* (2013) e Pauliuk (2018) mostram que a reciclagem pode reduzir em até 40 por cento a necessidade de extração de determinados materiais, como metais, papel e plásticos. No caso do alumínio, por exemplo, a reciclagem economiza aproximadamente 95 por cento da energia elétrica necessária para a

produção primária, reduzindo emissões e evitando a exploração de bauxita em áreas de alta vulnerabilidade ambiental (SHEN, WORRELL & PATEL, 2010).

A extração de recursos naturais virgens está fortemente relacionada a impactos socioambientais em larga escala. A mineração, em particular, é uma das atividades econômicas mais intensivas em energia, água e uso de território, e figura entre os setores de maior potencial de degradação ambiental. Estudos de Bridge (2004) e Sonter *et al.* (2018) mostram que a expansão da mineração em países biodiversos, como o Brasil, está associada à fragmentação de habitats, ao deslocamento de comunidades tradicionais e à contaminação de ecossistemas. A redução da demanda por minério primário decorrente da reciclagem contribui, portanto, para minimizar conflitos socioambientais, diminuir danos acumulados e aliviar pressões sobre áreas sensíveis.

A economia circular e, conseqüentemente, mecanismos como o CCRLR que a operam, propõe substituir a lógica de extração por ciclos produtivos mais fechados, nos quais materiais são mantidos em uso pelo maior tempo possível. De acordo com Korhonen, Nuur e Feldmann (2018), a circularidade implica reduzir fluxos de entrada de recursos e fluxos de saída de resíduos, promovendo um novo equilíbrio entre sistemas econômicos e ambientais. O CCRLR desempenha papel fundamental nesse processo ao criar incentivos econômicos que aumentam a oferta de materiais reciclados, reduzindo a pressão sobre estoques naturais. Ao fortalecer operadores, recicladores e cooperativas, o instrumento amplia a captação de materiais, eleva a qualidade dos recicláveis e potencializa a substituição de insumos virgens.

A redução da extração de recursos naturais virgens também possui impactos importantes na mitigação das mudanças climáticas. A extração, o beneficiamento e o transporte de matérias-primas são responsáveis por frações significativas das emissões globais de CO². O IRP (UNEP, 2021) estima que aproximadamente metade das emissões relacionadas à indústria estão associadas à produção de materiais básicos como cimento, aço, plástico e alumínio. Assim, a reciclagem e a circularidade dos materiais emergem como estratégias de mitigação climática de alto impacto e baixo custo, conforme apontado por relatório especial do IPCC (2022). Ao estimular a reciclagem por meio de mecanismos financeiros baseados em desempenho, o CCRLR contribui

indiretamente para a redução das emissões industriais ao substituir processos de extração primária altamente emissivos.

No campo econômico, a redução da dependência de recursos naturais virgens está associada à maior estabilidade de preços e ao aumento da resiliência das cadeias produtivas. A volatilidade das *commodities* minerais, influenciada por fatores geopolíticos, crises energéticas e oscilações de mercado, pode comprometer a competitividade industrial de países dependentes de matérias-primas primárias. Estudos de Gaustad *et al.* (2018) e Reh (2013) mostram que cadeias produtivas circulares tendem a apresentar maior resiliência, uma vez que dependem menos de mercados globais e se baseiam em fluxos locais e regionais de materiais reciclados. O CCRLR contribui para esse processo ao buscar estruturar mercados estáveis de recicláveis e ao oferecer previsibilidade financeira para investimentos em infraestrutura circular.

Outro aspecto crucial diz respeito aos limites planetários, conceito desenvolvido por Rockström *et al.* (2009) e aprofundado por Steffen *et al.* (2015). Entre os limites ambientais identificados, a exploração de recursos naturais e a integridade da biosfera figuram como áreas críticas que já apresentam sinais de transgressão. A reciclagem, portanto, não é apenas um processo industrial, mas uma estratégia de preservação ecológica. A ampliação da circularidade dos materiais reduz impactos cumulativos de extração e contribui para manter sistemas naturais dentro de zonas seguras de operação (HÄYHÄ *et al.*, 2016).

2.3.5 Integração entre logística direta e reversa nas empresas

A sustentabilidade tornou-se parte fundamental da gestão de resíduos. A gestão sustentável de resíduos é um sistema circular de retroalimentação que envolve atividades processuais, adaptabilidade e a diversidade de resíduos desde a fase de produção até a disposição final. A Indústria 4.0 (Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0 é um neologismo que descreve o rápido avanço tecnológico no século XXI) trouxe mudanças significativas na gestão global de resíduos e nas cadeias de valor. Esse arcabouço é composto por cinco dimensões: governança, economia, social, ambiental e tecnológica (FATIMAH *et al.*, 2020).

A gestão de cadeia de suprimentos identifica que a logística reversa, quando dissociada dos fluxos normais de produção e distribuição, tende a operar com baixa eficiência, custos elevados e limitada capacidade de gerar valor (ROGERS & TIBBEN-LEMBKE, 1999; STOCK & MULKI, 2009). A abordagem integrada, por outro lado, permite a criação de sinergias operacionais, financeiras e ambientais, reduzindo redundâncias, promovendo inovação e fortalecendo o compromisso das empresas com metas de sustentabilidade, especialmente em setores regulados pela PNRS.

A logística direta refere-se ao fluxo tradicional de matérias-primas, produtos e informações desde fornecedores até consumidores, enquanto a logística reversa trata do retorno de produtos, embalagens e materiais após o consumo, visando reutilização, reciclagem, reparo ou descarte ambientalmente adequado. A integração dessas duas dimensões requer uma mudança paradigmática nas empresas, que devem passar a enxergar resíduos não como externalidades, mas como recursos estratégicos passíveis de reintrodução nos processos produtivos (GUIDE & VAN WASSENHOVE, 2009). Tal perspectiva é central para a economia circular, que propõe a reconexão entre ciclos biológicos e técnicos, reduzindo a dependência de recursos naturais virgens e minimizando impactos ambientais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015).

No contexto brasileiro, a obrigatoriedade da logística reversa, estabelecida pela Lei nº 12.305/2010 e aprofundada por regulamentações posteriores, impulsiona as empresas a integrarem seus fluxos diretos e reversos. A existência de instrumentos econômicos como o CCRLR reforça essa integração ao criar incentivos financeiros que tornam a reciclagem e a circularidade mais atraentes economicamente. Leite (2017) mostra que a viabilização econômica da logística reversa depende diretamente de sua incorporação às estruturas operacionais da logística tradicional, de forma a compartilhar transporte, infraestrutura e sistemas de informação. A integração entre logística direta e reversa não se resume à conexão física entre fluxos, mas envolve também aspectos estratégicos, organizacionais e tecnológicos. Em termos estratégicos, empresas que adotam a circularidade tendem a ganhar vantagens competitivas ao melhorar sua reputação, reduzir custos ambientais e atender exigências de mercados consumidores e investidores (GOYAL, ESPOSITO & KAPOOR, 2018). Na dimensão organizacional, é necessário

desenvolver capacidades internas de coordenação interdepartamental, integrar áreas de suprimentos, operações, *compliance* e sustentabilidade, além de estabelecer parcerias com cooperativas, recicladores e operadores logísticos especializados (SARKIS, 2012).

A digitalização desempenha papel fundamental nesse processo. Sistemas de rastreabilidade, plataformas de gestão integrada e tecnologias como IoT (Internet das Coisas) e *blockchain* ampliam a transparência dos fluxos reversos e conectam informações da logística direta com dados de retorno, reciclagem e reprocessamento (KOUHIZADEH & SARKIS, 2018). No modelo brasileiro, a integração entre CCRLR, MTR Nacional e SINIR reforça a necessidade de interoperabilidade entre sistemas empresariais e plataformas governamentais, assegurando que a integração logística seja acompanhada por rastreabilidade documental e integridade dos dados.

A integração entre logística direta e reversa contribui para a eficiência operacional ao reduzir custos de transporte, otimizar rotas, aproveitar sinergias de armazenagem e minimizar perdas de materiais (GOVINDAN, SOLEIMANI & KANNAN, 2015). Empresas que integram esses fluxos conseguem reaproveitar embalagens, recuperar materiais de valor, reduzir custos com descartes e, simultaneamente, cumprir metas legais de sustentabilidade. A integração favorece o ecodesign, pois produtos passam a ser projetados considerando desmontagem, reparo e reciclagem, o que reduz custos ao longo do ciclo de vida e aumenta a circularidade dos materiais (BOCKEN *et al.*, 2016).

Do ponto de vista socioambiental, a integração logística amplia o impacto positivo da economia circular ao aumentar a eficiência da coleta seletiva, facilitar a atuação das cooperativas e reduzir o volume de resíduos enviados a aterros sanitários. A inclusão das cooperativas no fluxo logístico empresarial, estimulada pelo CCRLR, fortalece sua capacidade de fornecimento e melhora a qualidade dos materiais recuperados, conforme demonstram estudos de Gutberlet (2018) e Dias (2016). Isto reforça um arranjo produtivo mais justo, resiliente e alinhado às diretrizes da PNRS.

Setorialmente, a integração entre logística direta e reversa é especialmente relevante em segmentos como construção civil, embalagens, eletroeletrônicos e automotivo, onde os fluxos de materiais são volumosos e os impactos ambientais são significativos. Pesquisas de Cochran & Townsend

(2010) indicam que a integração logística nesses setores permite recuperar metais, polímeros, vidros e outros insumos com alto valor agregado, ampliando o potencial de redução da extração de recursos naturais virgens.

A integração entre logística direta e reversa contribui para a governança ESG das empresas ao fornecer dados auditáveis, permitir relatórios mais robustos e demonstrar comprometimento com cadeias de valor sustentáveis. Essa integração facilita o cumprimento de padrões internacionais como IFRS S1 e S2, GRI e ISO 14001, além de responder às exigências de investidores e mercados globais por transparência e circularidade.

2.4 O CCRLR COMO FERRAMENTA DE FORTALECIMENTO DAS PRÁTICAS ESG

O movimento ESG ganhou força nas últimas duas décadas, especialmente após a consolidação de marcos internacionais como os Princípios para o Investimento Responsável (PRI), o Pacto Global da ONU e, mais recentemente, as normas IFRS *Sustainability Disclosure Standards* (IFRS S1 e S2). Esses referenciais estabelecem exigências crescentes para que empresas reportem indicadores ambientais e sociais com rigor, comparabilidade e auditabilidade (ECCLES & KRZUS, 2018; KOTSANTONIS, PINNEY & SERAFEIM, 2016).

A dimensão ambiental das práticas ESG encontra no CCRLR um mecanismo direto de apoio à gestão de resíduos, à redução de emissões e à transição para modelos produtivos circulares. A economia circular é um dos caminhos mais eficazes para reduzir impactos ambientais ao longo do ciclo de vida dos produtos, incluindo emissões de gases de efeito estufa e intensidade no uso de recursos naturais (GEISSDOERFER ET AL., 2017; KIRCHHERR, REIKE & HEKKERT, 2017). O CCRLR, ao estimular a reciclagem real e auditável, reforça a aplicação prática desses princípios, contribuindo para que empresas ampliem sua circularidade, diminuam sua pegada ambiental e atendam requisitos ambientais cada vez mais exigentes em mercados internacionais.

No componente social do ESG, o CCRLR possui relevância singular ao promover a inclusão produtiva das cooperativas de catadores, reconhecidas

legalmente pela PNRS como agentes essenciais da coleta seletiva e da logística reversa. Os catadores historicamente enfrentam marginalização, precarização e invisibilidade institucional (BOSI, 2008; MEDINA, 2008). O CCRLR contribui para transformar esse cenário ao remunerar diretamente a reciclagem realizada por cooperativas, fortalecendo sua autonomia econômica, ampliando sua formalização e promovendo justiça socioambiental. Ele cria novos espaços de integração entre empresas, recicladores e organizações da sociedade civil, fortalecendo práticas de responsabilidade social corporativa e geração de valor compartilhado (PORTER & KRAMER, 2011).

No âmbito da governança, o CCRLR oferece mecanismos que fortalecem transparência, *accountability* e integridade dos processos empresariais. A exigência de auditoria independente, a rastreabilidade digital e a integração com plataformas governamentais respondem diretamente às recomendações de boas práticas de governança definidas por organismos internacionais como a OECD e o *Global Reporting Initiative* (GRI). A governança ambiental destaca que instrumentos baseados em comprovação fiscal e verificação independente reduzem riscos de *greenwashing*, fortalecem a confiança dos stakeholders e aumentam a qualidade das informações reportadas por empresas (Lyon & Montgomery, 2015; Delmas & Burbano, 2011). Dessa forma, o CCRLR contribui para elevar o padrão das práticas de governança corporativa, especialmente em setores intensivos em resíduos.

A adoção de práticas ESG está fortemente associada à mitigação de riscos ambientais, regulatórios e reputacionais, conforme demonstram estudos de Khan, Serafeim & Yoon (2016). A logística reversa e a reciclagem auditada, ao reduzirem externalidades negativas e ampliarem o controle sobre fluxos de materiais, diminuem a exposição das empresas a riscos associados à poluição, à destinação inadequada de resíduos e ao descumprimento normativo. O crédito de reciclagem funciona, assim, como ferramenta de *compliance* ambiental com capacidade de reduzir passivos e fortalecer o desempenho corporativo sustentável.

O CCRLR contribui para a integração das práticas ESG ao planejamento estratégico empresarial. A crescente demanda do mercado por transparência e circularidade tem levado empresas a incorporar metas ambientais e sociais em planos de investimento, relatórios anuais e estratégias de crescimento (FINK,

2020). O crédito de reciclagem, ao fornecer métricas verificáveis, contribui para que empresas definam KPIs claros, melhorem sua performance ESG e atendam expectativas de investidores institucionais que priorizam ativos sustentáveis.

A relevância estratégica do CCRLR também se manifesta na ampliação da competitividade internacional das empresas brasileiras. Mercados com regulação ambiental avançada, como União Europeia, Canadá e Japão, exigem maior rastreabilidade e comprovação de circularidade para produtos importados. Modelos como o *European Green Deal* (Acordo Verde Europeu, em tradução livre) e a taxonomia europeia indicam que cadeias produtivas circulares serão cada vez mais valorizadas no comércio internacional (EUROPEAN COMMISSION, 2020). As empresas brasileiras que utilizam CCRLR demonstram alinhamento com padrões globais, reduzem barreiras comerciais e aumentam sua competitividade.

2.4.1 Pilar Ambiental: mitigação de impactos e rastreabilidade

O pilar ambiental das práticas ESG encontra no CCRLR um instrumento estratégico para a mitigação de impactos ambientais e para o fortalecimento de sistemas de rastreabilidade que qualificam a governança dos resíduos sólidos no Brasil. A gestão inadequada dos resíduos está associada a múltiplos efeitos negativos, tais como emissões de gases de efeito estufa, contaminação de solos e águas, degradação de habitats e aumento da pressão sobre recursos naturais virgens (GEYER, JAMBECK & LAW, 2017; IPBES, 2019; UN ENVIRONMENT PROGRAMME, 2021). Nesse sentido, mecanismos capazes de promover a reciclagem real, documentada e auditável desempenham papel decisivo na redução desses impactos, contribuindo para uma matriz produtiva mais circular e sustentável.

A mitigação de impactos ambientais depende de dois vetores centrais: redução da geração de resíduos e reintrodução de materiais recicláveis na cadeia produtiva. O CCRLR atua diretamente no segundo vetor ao estimular financeiramente a reciclagem efetiva, permitindo que os resíduos deixem de ser descartados em aterros e retornem à economia como insumos industriais (FINNVEDEN *et al.*, 2009). Em setores de alta intensidade energética, como alumínio, plástico e aço, a substituição de insumos virgens por reciclados pode

reduzir emissões em até 90%, dependendo do material e da rota tecnológica empregada (SHEN, WORRELL & PATEL, 2010).

O desvio de resíduos de aterros sanitários também está diretamente relacionado à mitigação de impactos, uma vez que a decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos e a degradação de produtos derivados de hidrocarbonetos contribuem para emissões significativas de metano e outros poluentes atmosféricos. Relatórios do Banco Mundial (KAZA *et al.*, 2018) demonstram que países com baixos índices de reciclagem enfrentam maiores emissões provenientes do setor de resíduos, além de maior pressão por expansão de áreas destinadas à disposição final, o que intensifica a degradação de áreas naturais. Ao remunerar a reciclagem com base em comprovação documental, o CCRLR permite aumentar a taxa de recuperação de materiais, reduzindo a dependência de aterros sanitários e seus impactos correlatos.

Mercados regulados de carbono e instrumentos econômicos ambientais enfatizam que a rastreabilidade é condição indispensável para assegurar adicionalidade, robustez e confiabilidade das compensações ambientais (ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010; GOLD STANDARD FOUNDATION, 2021).

A exigência de notas fiscais eletrônicas como lastro para a emissão dos créditos reforça a integridade documental, garantindo que cada unidade de material reciclado esteja vinculada a uma operação fiscal verificável (KOUHIZADEH, ZHU & SARKIS, 2020).

A rastreabilidade não cumpre apenas uma função operacional, mas contribui para o avanço da governança ambiental no país. A ausência de dados confiáveis foi historicamente identificada como uma das principais barreiras para a implementação plena da PNRS (IPEA, 2022; ABRELPE, 2023).

A mitigação de impactos ambientais promovida pelo CCRLR também se manifesta na proteção de ecossistemas terrestres e aquáticos. A redução da necessidade de extração de recursos naturais virgens diminui a pressão sobre florestas, mananciais, rios e zonas costeiras, contribuindo para a manutenção da integridade ecológica. A ampliação da reciclagem, estimulada pelo CCRLR, contribui indiretamente para reduzir esse tipo de impacto, aproximando o país de modelos de desenvolvimento alinhados aos limites planetários (ROCKSTRÖM *et al.*, 2009).

2.4.2 Pilar Social: inclusão produtiva e valorização do trabalho dos catadores

Historicamente responsáveis pela maior parte dos resíduos reciclados no país, os catadores enfrentam condições caracterizadas por desigualdade estrutural, precarização laboral e invisibilidade institucional, apesar de sua contribuição essencial à cadeia de reciclagem (MEDINA, 2008; BOSI, 2008; DIAS, 2016). A atuação desses trabalhadores, embora indispensável para a redução de resíduos e para a circularidade dos materiais, permaneceu por décadas à margem do sistema econômico formal, sem remuneração proporcional ao valor ambiental gerado.

A inclusão produtiva dos catadores envolve múltiplas dimensões — econômica, social, institucional e simbólica. Do ponto de vista econômico, o CCRLR rompe com a histórica assimetria na distribuição de valor na cadeia de reciclagem, transferindo parte da remuneração àqueles que desempenham as etapas mais intensivas em trabalho, como coleta, triagem e beneficiamento. Estudos de Gutberlet (2018) e de Carenzo & Fernández (2016) demonstram que a fragilidade econômica das cooperativas decorre da volatilidade dos preços dos materiais recicláveis, da informalidade das relações comerciais e da dependência de intermediários. Ao criar um fluxo financeiro adicional, previsível e lastreado em comprovação documental, o CCRLR contribui para estabilizar a renda dessas organizações, permitindo investimentos em infraestrutura, capacitação e expansão da capacidade produtiva.

No campo social, a integração dos catadores à logística reversa regulada representa um marco para o reconhecimento de direitos historicamente negados. Pesquisas de Dias (2016) e de Demajorovic & Migliano (2016) mostram que a inclusão de cooperativas fortalece vínculos comunitários, reduz vulnerabilidades sociais e amplia o acesso a políticas públicas.

O reconhecimento institucional previsto na PNRS (Lei nº 12.305/2010), especialmente em seu art. 36, ganha materialidade com instrumentos como o CCRLR, que transforma diretrizes legais em mecanismos concretos de remuneração e valorização do trabalho. Essa valorização está alinhada a

princípios constitucionais relacionados à dignidade humana, à função social do trabalho e à redução das desigualdades (BRASIL, 2010).

A inclusão produtiva promovida pelo CCRLR também possui relevante dimensão de gênero e raça. Estudos sociológicos demonstram que mulheres e pessoas negras compõem a maioria dos trabalhadores da reciclagem no Brasil e enfrentam maior vulnerabilidade econômica e social (GOULART, 2021; SIQUEIRA & MORAES, 2018). Ao ampliar renda, profissionalizar operações e fortalecer cooperativas, o crédito de reciclagem contribui para reduzir desigualdades interseccionais, abrindo possibilidades reais de mobilidade social e inserção econômica digna. A dimensão interseccional é frequentemente negligenciada em debates sobre políticas ambientais, mas estudos recentes indicam que a justiça ambiental é inseparável da justiça social (BULLARD & WRIGHT, 2012).

A valorização do trabalho dos catadores envolve também o reconhecimento de sua expertise. Conforme demonstram Bosi (2008) e Gutberlet (2018), os catadores detêm conhecimento prático sofisticado sobre separação de materiais, eficiência logística, composição de resíduos e mercado de recicláveis. Esse conhecimento, embora amplamente utilizado por operadores e intermediários, raramente é valorizado como competência técnica. A integração dos catadores aos sistemas formais de logística reversa, impulsionada pelo CCRLR, eleva o status profissional desses trabalhadores, reconhecendo-os como agentes indispensáveis da economia circular e não como atores periféricos.

Outro aspecto central é a formalização das cooperativas, que se fortalece com o CCRLR devido à necessidade de emissão de notas fiscais e cumprimento de obrigações administrativas. Gaiger (2019) e Singer (2002) apontam que processos de formalização ampliam a capacidade de negociação, facilitam o acesso a financiamentos e aumentam a estabilidade das organizações. No âmbito do CCRLR, a formalização não se resume ao cumprimento burocrático, mas se traduz em oportunidades reais de desenvolvimento institucional, ampliação de infraestrutura e melhoria de condições de trabalho.

Do ponto de vista urbano e comunitário, a inclusão produtiva dos catadores contribui para transformar práticas de gestão de resíduos e estimular relações mais colaborativas entre Estado, empresas e sociedade civil. Estudos

de Jacobi (2012) e de Besen & Ribeiro (2007) mostram que a participação dos catadores é essencial para o êxito da coleta seletiva e para a sustentabilidade dos sistemas municipais de gestão de resíduos. O CCRLR, ao fortalecer financeiramente essas organizações, potencializa políticas municipais, reduz custos públicos e amplia a eficiência da triagem.

O crédito de reciclagem atua como ferramenta de promoção da justiça socioambiental, conceito que se refere à equidade na distribuição de benefícios e ônus ambientais (ACSELRAD, 2010). A lógica tradicional da indústria de resíduos, baseada em baixos pagamentos aos catadores e externalização de impactos socioambientais, reproduz desigualdades históricas.

A valorização do trabalho dos catadores também fortalece o pilar ambiental da sustentabilidade, uma vez que estudos indicam que sistemas com forte participação de catadores alcançam taxas mais elevadas de reciclagem e menor contaminação dos materiais (DEMAJOROVIC & MIGLIANO, 2016; IPEA, 2022). Isso demonstra que inclusão social e eficiência ambiental não são objetivos concorrentes, mas mutuamente reforçadores — uma característica central das práticas ESG.

2.4.3 Pilar de Governança: conformidade, transparência e auditoria

A governança corporativa, entendida como o conjunto de processos, práticas e estruturas que orientam a tomada de decisão e asseguram responsabilidade, ética e controle nas organizações, é amplamente reconhecida como dimensão essencial da sustentabilidade empresarial (OECD, 2015; IBGC, 2015). Os instrumentos econômicos ambientais que exigem rastreabilidade documental, comprovação fiscal e verificação independente possuem papel determinante na qualificação das práticas empresariais, na prevenção de fraudes e no fortalecimento da confiança entre empresas, sociedade e órgãos reguladores.

A conformidade (*compliance*) ambiental na área de resíduos, enquanto parte da governança, refere-se à aderência das empresas às legislações, regulamentos, normas técnicas e compromissos voluntários vinculados à gestão de resíduos e à logística reversa. A PNRS (Lei nº 12.305/2010) estabelece responsabilidades compartilhadas entre fabricantes, importadores, distribuidores

e comerciantes, fazendo da conformidade elemento central da política pública. Gunningham, Kagan e Thornton (2003) mostram que a efetividade regulatória depende da existência de incentivos econômicos associados ao cumprimento das normas e de mecanismos de verificação confiáveis.

A transparência é outro elemento fundamental da governança e envolve a divulgação clara, completa e tempestiva de informações relevantes para os stakeholders. No contexto ESG, a transparência é cada vez mais exigida por investidores, consumidores e mercados internacionais, especialmente após a consolidação das normas IFRS *Sustainability Disclosure Standards* (IFRS S1 e S2), que impõem responsabilidade sobre a qualidade das informações divulgadas (IFRS FOUNDATION, 2023).

A exigência de auditoria independente representa uma das bases estruturantes do CCRLR enquanto ferramenta de governança. A auditoria ambiental, definida como o processo de verificação sistemática, documentada e objetiva que avalia a conformidade e a eficácia de sistemas de gestão ambiental, é considerada essencial para garantir a integridade dos resultados ambientais reportados por empresas (ISO 19011; DARNALL, SEOL & SARKIS, 2009).

O CCRLR contribui para alinhar as práticas empresariais às exigências de governança definidas por padrões internacionais como GRI, SASB e o próprio Pacto Global da ONU. Esses referenciais valorizam a divulgação (*disclosure*) transparente, métricas comparáveis e sistemas de controle de riscos associados a impactos ambientais e sociais.

A dimensão de integridade institucional também é fortalecida pelo CCRLR, uma vez que o instrumento define responsabilidades claras entre entidades gestoras, cooperativas, operadores e recicladores. A governança ambiental enfatiza que sistemas eficazes dependem da delimitação precisa de atribuições e da existência de mecanismos de controle e incentivo que reduzam conflitos e garantam a responsabilização (*accountability*) (OSTROM, 1990; YOUNG, 2017).

A governança promovida pelo CCRLR também tem papel estratégico na prevenção de riscos reputacionais. Organizações que falham na gestão de resíduos estão expostas a sanções legais, danos à marca e perda de confiança de investidores e consumidores. Khan, Serafeim e Yoon (2016) demonstram que

empresas com governança ESG robusta apresentam melhor desempenho financeiro e menor exposição a riscos ambientais.

2.4.4 Relacionamento com indicadores ESG, ODS e relatórios GRI

Os indicadores ESG exigem informações precisas sobre circularidade, gestão de resíduos, emissões, impacto social e qualidade da governança. Eccles, Ioannou e Serafeim (2014) demonstram que empresas com maior transparência ESG apresentam desempenho financeiro superior e menor exposição a riscos regulatórios e reputacionais.

Doppelt (2017) descreve que os padrões de produção e consumo ampliaram a degradação ambiental, tornando as mudanças climáticas o limite planetário mais crítico da atualidade. Diante desse cenário, a ONU estabeleceu os ODS como uma agenda global até 2030, orientada por um conceito de desenvolvimento sustentável que busca garantir que as necessidades presentes sejam atendidas sem comprometer a capacidade das gerações futuras de acessar recursos essenciais, como alimentos, água, energia e condições adequadas de saúde.

No âmbito dos ODS da ONU, o CCRLR possui interfaces diretas e indiretas com diversos ODS, especialmente os ODS 8 (Trabalho decente e crescimento econômico), 11 (Cidades e comunidades sustentáveis), 12 (Consumo e produção responsáveis) e 13 (Ação climática). O ODS 12, foco da agenda global de economia circular, destaca a necessidade de fortalecer a gestão ambientalmente adequada de resíduos e ampliar a reciclagem e a reutilização.

As estratégias de circularidade são essenciais para alcançar metas relacionadas à eficiência no uso de recursos e redução de impactos ambientais (GEISSDOERFER *et al.*, 2017; KIRCHHERR, REIKE & HEKKERT, 2017). O CCRLR contribui para essas metas ao criar incentivos econômicos para a reciclagem efetiva, tornando o Brasil mais alinhado às recomendações do Plano de 10 Anos da ONU sobre Produção e Consumo Sustentáveis, conhecido como 10YFP, que é um quadro global para acelerar a transição para padrões de produção e consumo mais sustentáveis (PCS), alinhado ao ODS 12 da Agenda

2030. O ODS 8 é igualmente contemplado pelo CCRLR ao promover inclusão produtiva, geração de renda e formalização das cooperativas de catadores.

Os governos precisam de uma estratégia capaz de desenhar e implementar intervenções-chave, explicam Sachs, *et al.* (2019). Para alcançar os ODS, os países devem alterar os padrões de consumo e produção de modo a desvincular o bem-estar humano da degradação ambiental. Uma das estratégias para isso é por meio da circularidade, que promove o reuso e a reciclagem de materiais. A circularidade e o desacoplamento entre desenvolvimento e degradação ambiental, sem redução do bem-estar humano, devem fundamentar todas as Transformações dos ODS.

A relação entre o CCRLR e os relatórios GRI é igualmente significativa. A GRI é o padrão de relato mais utilizado no mundo para a divulgação de informações de sustentabilidade, estruturando indicadores ambientais, sociais e de governança que demandam dados auditáveis e coerentes. Entre os padrões GRI diretamente relacionados ao CCRLR destacam-se:

GRI 301 (Materiais), que exige a divulgação (*disclosure*) sobre materiais reciclados utilizados pelas empresas;

GRI 306 (Resíduos), que requer dados sobre descarte, reciclagem e gerenciamento de resíduos;

GRI 305 (Emissões), que incorpora informações relacionadas à mitigação de emissões indiretas via economia circular;

GRI 413 (Comunidades locais), que abrange impactos e benefícios distributivos associados às cooperativas de catadores.

As empresas que reportam seguindo padrões GRI apresentam melhor governança e maior confiabilidade junto a *stakeholders* (KPMG, 2022; Brown, de Jong & Levy, 2009).

O CCRLR se relaciona com a taxonomia europeia para atividades sustentáveis e com *frameworks* de finanças verdes, uma vez que a rastreabilidade, a comprovação de circularidade e a mitigação de impactos são critérios centrais para o enquadramento de atividades como ambientalmente sustentáveis (EUROPEAN COMMISSION, 2020). A capacidade de comprovar reciclagem real torna o CCRLR um ativo relevante em cadeias globais de valor, especialmente em setores que enfrentam pressões crescentes por transparência e circularidade, como plásticos, embalagens, eletroeletrônicos e construção civil.

A interação entre o CCRLR e indicadores ESG também fortalece a governança interna das organizações, uma vez que a adoção de métricas de desempenho claras e auditáveis facilita a tomada de decisão baseada em dados. Estudos de Khan, Serafeim e Yoon (2016) demonstram que empresas que investem em governança ESG estruturada apresentam melhor desempenho financeiro e maior capacidade de inovação.

Wu e Pagell (2011) verificaram que as empresas tomam decisões ambientais pragmáticas. Para elas, os esforços ambientais precisam fazer sentido do ponto de vista empresarial. No entanto, os limites de custos e recursos não impedem a inovação ambiental. Pelo contrário, os desafios ambientais fornecem uma nova perspectiva para analisar suas operações. Tais desafios forçam os gestores a considerarem não apenas lucros e sustentabilidade, mas também o crescimento de curto prazo e a competitividade de longo prazo.

2.4.5 Exemplos de adoção empresarial relacionados à circularidade de resíduos / logística reversa

A adoção de instrumentos econômicos ambientais e de sistemas estruturados de logística reversa tem crescido de forma significativa no setor empresarial brasileiro, impulsionada por pressões regulatórias, compromissos ESG e demandas de consumidores e investidores por maior circularidade e transparência. Embora o CCRLR seja um mecanismo relativamente recente, sua lógica se insere em um movimento mais amplo de reestruturação das cadeias de resíduos, permitindo observar casos práticos de empresas que já implementam modelos robustos de logística reversa, certificação ambiental e circularidade. Esses casos, documentados em relatórios setoriais, estudos acadêmicos e publicações de entidades como CEMPRE (Compromisso Empresarial para a Reciclagem), ABRELPE e IPEA, demonstram como o setor privado brasileiro tem avançado na internalização dos princípios da PNRS e da economia circular.

Um dos casos mais consolidados é o das empresas de bebidas, especialmente Ambev e Coca-Cola Brasil, que implementam sistemas robustos de logística reversa para embalagens e vêm alinhando esse movimento à agenda ESG. Estudos de Cimapura *et al.* (2021) e relatórios da própria

Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas Não Alcoólicas (ABIR) indicam que essas empresas estruturaram redes de coleta e reciclagem que integram cooperativas de catadores, operadores logísticos e recicladores. A Ambev, por exemplo, ampliou o uso de embalagens retornáveis e instalou sistemas de captação de PET e vidro em diversas cidades, alinhando-se ao ODS 12 e a indicadores GRI de circularidade (AMBEV, 2022). A Coca-Cola Brasil, por sua vez, firmou parcerias com mais de 200 cooperativas para coleta de PET, além de lançar programas de rastreamento digital de embalagens, antecipando práticas similares às que são exigidas no CCRLR em termos de auditoria e comprovação documental.

Outro setor que tem se destacado é o de eletroeletrônicos, especialmente a partir da implementação do Acordo Setorial de Logística Reversa de Eletroeletrônicos (2019). Organizações como ABREE (Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos) documentam a participação de empresas como LG, Samsung, Philips e HP em sistemas nacionais de coleta e reciclagem (ABREE, 2022).

Tais empresas estruturaram pontos de entrega voluntária, redes de logística reversa e centros de desmontagem, alinhando-se a indicadores ESG relacionados à economia circular, ao uso de materiais reciclados e à mitigação de impactos ambientais. A experiência da HP Brasil é um exemplo de *closed-loop supply chain* (cadeia de suprimentos em circuito fechado, em tradução livre) no país, com programas de reintrodução de plástico reciclado pós-consumo na fabricação de cartuchos e equipamentos (HP, 2022).

O setor de cosméticos também apresenta exemplos relevantes, especialmente empresas como Natura e Grupo Boticário. A Natura desenvolve, desde a década de 2000, programas de logística reversa e reciclagem, como o “Projeto Refil”, que estimula o uso de embalagens recarregáveis, reduzindo significativamente a extração de matérias-primas virgens (NATURA, 2022). Estudos de Freitas, Vieira e Andrade (2020) mostram que a Natura ampliou o uso de PET reciclado pós-consumo nas linhas Ekos e Natura Homem, além de integrar cooperativas de catadores como fornecedoras de materiais recicláveis, contribuindo para inclusão produtiva. O Grupo Boticário, de maneira semelhante, implementou iniciativas como o “Programa Boti Recicla”, que coleta embalagens

usadas em lojas físicas, alcançando milhões de unidades retornadas anualmente, conforme documentado em seus relatórios ESG.

No setor de higiene e limpeza, empresas como Unilever Brasil têm se destacado por iniciativas voltadas à redução de plástico virgem e aumento do conteúdo reciclado nas embalagens. Estudos de Ribeiro e Lichtenstein (2019) destacam que a Unilever implementou programas de coleta e reciclagem de embalagens flexíveis, categoria de difícil triagem e posterior venda, e investiu em tecnologia de reciclagem avançada. O programa “Unilever Resolve”, implementado em parceria com cooperativas, ampliou a rastreabilidade dos fluxos reversos, antecipando exigências posteriores associadas ao CCRLR.

Na área de construção civil, a experiência da Votorantim Cimentos e da Holcim Brasil demonstra como empresas de setores tradicionalmente intensivos em extração de recursos naturais estão incorporando práticas de circularidade. Estudos de Gonçalves et al. (2021) mostram que essas empresas adotaram sistemas de coprocessamento de resíduos e reciclagem de agregados, reduzindo a demanda por insumos virgens e desviando resíduos de aterros. A Votorantim implementou programas de rastreabilidade de resíduos sólidos com base em MTR e plataformas digitais, integrando cooperativas e operadores especializados.

No setor de varejo, a adoção de tecnologias de rastreabilidade e logística reversa tem sido impulsionada por grandes redes como Carrefour e Grupo Pão de Açúcar (GPA). O GPA implementou, por meio do programa “Recicla GPA”, mais de 300 pontos de coleta de resíduos recicláveis integrados a cooperativas, conforme relatado em seus documentos ESG (GPA, 2022). Já o Carrefour desenvolveu iniciativas de reaproveitamento de embalagens, além de programas de reciclagem de eletrônicos em parceria com ABREE. Esses modelos demonstram que mesmo setores não tradicionalmente associados à logística reversa podem protagonizar soluções que ampliam circularidade e envolvem comunidades locais.

A incorporação de experiências empresariais nacionais reforça empiricamente o argumento de que instrumentos regulatórios ambientais podem induzir inovação, geração de valor e arranjos autógenos de ecologia industrial. Dois casos brasileiros ilustram de forma particularmente relevante essa dinâmica (MANCINI *et al.*, 2021)

O primeiro refere-se à Sinctronics, empresa criada no âmbito da Flex (antiga Flextronics), cuja operação no Brasil inaugurou, em 2012, uma das primeiras respostas estruturadas da indústria de eletroeletrônicos à implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e à regulamentação da logística reversa do setor. A iniciativa antecipou-se à consolidação dos acordos setoriais e estruturou um modelo industrial voltado à desmontagem, triagem e reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo, com elevado grau de rastreabilidade e reaproveitamento de materiais.

Além da atuação na logística reversa, a Sinctronics passou a reciclar parcela significativa dos resíduos plásticos gerados pela própria Flex no processo produtivo, reinserindo esses materiais como insumos na cadeia industrial. Trata-se de um exemplo de ecologia industrial autógena, na qual fluxos internos de resíduos são convertidos em recursos produtivos, reduzindo a dependência de matéria-prima virgem, mitigando externalidades ambientais e capturando valor econômico a partir de um passivo regulatório inicialmente percebido como custo (MANCINI *et al.*, 2021)

O segundo caso emblemático é o da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), que, a partir de 2015, expandiu suas operações para o setor cimenteiro com o lançamento do cimento CSN. A siderurgia gera volumes expressivos de escória de alto-forno — subproduto cuja composição química apresenta elevada compatibilidade com a produção de cimento. Tradicionalmente demandada por cimenteiras como insumo complementar, a escória passou a ser internalizada estrategicamente pela própria CSN, que adquiriu ativos minerários (incluindo mina de calcário) e estruturou operação integrada de produção de cimento (MANCINI *et al.*, 2021)

Esse movimento representa típico caso de simbiose industrial verticalizada: um resíduo siderúrgico é transformado em insumo principal de uma nova linha de negócios, agregando valor econômico, reduzindo disposição final de resíduos e diminuindo a intensidade de emissões associadas à produção de clínquer convencional. Além da racionalidade ambiental, observa-se clara estratégia de diversificação e captura de valor a partir de um fluxo material anteriormente subaproveitado.

Ambos os exemplos demonstram que marcos regulatórios ambientais — como a logística reversa — podem funcionar como vetores de inovação

organizacional e de rearranjos produtivos sistêmicos, estimulando modelos de economia circular e ecologia industrial. Embora tais experiências não estejam diretamente vinculadas ao Certificado de Crédito de Reciclagem com Lastro em Resultados (CCRLR) ou à inserção de cooperativas, elas reforçam o argumento central de que a internalização de externalidades e a reorganização dos fluxos materiais podem gerar vantagens competitivas, novos mercados e ganhos ambientais simultaneamente.

Esses casos práticos ilustram como empresas brasileiras já vêm integrando princípios presentes no CCRLR (rastreabilidade, comprovação de reciclagem, inclusão de cooperativas e auditoria) mesmo antes da formalização plena do instrumento. A economia circular no Brasil evidencia que a adoção empresarial é mais robusta quando há incentivos econômicos, clareza regulatória e possibilidade de geração de valor compartilhado (GHISELLINI, CIALANI & ULGIATI, 2016; KORHONEN, NUUR & FELDMANN, 2018). O CCRLR, ao estruturar esses elementos, tende a ampliar o número de empresas com práticas avançadas de circularidade e fortalecer o mercado de materiais reciclados com base em comprovação fiscal e integridade documental.

3. METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido por meio de uma revisão de literatura integrativa, cujo objetivo é sintetizar e analisar criticamente os principais achados relacionados ao tema abordado. A busca pelos artigos foi realizada nas seguintes bases de dados: *Web of Science*, SCOPUS e *Google Scholar*. A escolha dessas bases ocorreu em razão da relevância e abrangência internacional, garantindo o acesso aos estudos atualizados e com impacto significativo na área.

As palavras-chave utilizadas na busca foram combinadas utilizando operadores booleanos ("AND" e "OR") e incluíram os seguintes termos: "logística reversa", "economia circular", e "crédito de reciclagem", tanto em português quanto em inglês.. Não foi estabelecido um recorte temporal para garantir que tanto estudos mais antigos quanto recentes possam ser incluídos, proporcionando uma visão ampla do tema.

Os critérios de inclusão para a seleção dos artigos foram: artigos completos disponíveis gratuitamente nas bases consultadas e/ou pelo Portal Periódicos da CAPES; estudos publicados em português, inglês ou espanhol; e estudos que abordassem diretamente o tema em questão, tanto em termos teóricos quanto empíricos; artigos revisados por pares.

Foram excluídos: estudos duplicados entre as bases de dados; artigos de opinião, editoriais, cartas ao editor e resumos de conferências; e estudos que não apresentavam resultados ou discussões relevantes para o objetivo da revisão.

Inicialmente, foi formado um banco de dados com os artigos identificados a partir da estratégia de busca. Após a remoção de duplicatas e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram considerados elegíveis para a análise final. Os artigos selecionados foram lidos na íntegra e os dados extraídos incluíram as informações principais, como autores, ano de publicação, local do estudo, tipo de metodologia utilizada, principais achados e limitações apontadas pelos autores. A síntese dos dados foi realizada de maneira descritiva, agrupando estudos de acordo com temas emergentes ou metodologias similares.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos provenientes da revisão bibliográfica foi realizada para confrontar as informações reunidas para atender aos objetivos específicos. As Tabelas apresentadas nesta seção compilam as informações provenientes do estudo considerando: temas avaliados e citações das fontes utilizadas na análise.

4.1 Requisitos legais brasileiros e internacionais que regulamentam os instrumentos da logística reversa

A consolidação da logística reversa como política pública e como instrumento econômico-ambiental depende de um arcabouço regulatório robusto, capaz de estruturar o fluxo de materiais, definir responsabilidades e estabelecer mecanismos de controle e rastreabilidade.

No Brasil, esse arcabouço deriva predominantemente da PNRS, instituída pela Lei nº 12.305/2010, que representa o marco regulatório mais abrangente sobre gestão de resíduos e introduz o conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. A PNRS estabelece que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes devem implementar sistemas de logística reversa para diversas cadeias prioritárias, tais como, eletroeletrônicos, pneus, óleo lubrificante usado, entre outras (Brasil, 2010). A lei institui instrumentos complementares como o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, acordos setoriais, termos de compromisso e sistemas declaratórios, elementos estruturantes para a implementação operacional da logística reversa.

Regulamentando a PNRS, o Decreto nº 7.404/2010 define diretrizes para programas de logística reversa e detalha as atribuições de cada agente econômico, reforçando a exigência de comprovação de resultados e de mecanismos de auditoria. Reformas recentes aprofundam e modernizam esse arcabouço (BRASIL, 2010). O Decreto nº 11.044/2022 instituiu oficialmente o Certificado de Crédito de Reciclagem como instrumento econômico destinado a mensurar e comprovar resultados de reciclagem.

Posteriormente, o Decreto nº 11.413/2023 ampliou a regulamentação, estabelecendo parâmetros de rastreabilidade e verificações por terceira parte.

Mais recentemente, o Decreto nº 12.688/2025 regulamentou a logística reversa específica de embalagens plásticas, definindo metas progressivas, indicadores nacionais de desempenho, critérios de comprovação digital e integração obrigatória com o SINIR. Esses requisitos dialogam diretamente com padrões internacionais de verificação de desempenho e de digitalização de sistemas de gestão, conforme sugerem estudos sobre boas práticas de governança ambiental (JANSSEN, CHARALABIDIS & ZUIDERWIJK, 2020).

No âmbito setorial, diversas resoluções complementam as obrigações gerais. A Resolução CONAMA nº 401/2008 define critérios para baterias e acumuladores; a Resolução CONAMA nº 416/2009 trata da destinação de pneus inservíveis; e normas do IBAMA detalham obrigações de reporte e fiscalização, especialmente no que diz respeito à rastreabilidade de resíduos perigosos. Em paralelo, normativas estaduais, como as emitidas por órgãos estaduais como CETESB (São Paulo) e FEAM (Minas Gerais), complementam o marco legal, muitas vezes estabelecendo procedimentos específicos para comprovação de metas, auditoria e MTR estadual. Esse mosaico normativo requer integração e consistência, problemas já apontados por Fiorillo (2018) e Machado (2019), que destacam a necessidade de coerência regulatória para garantia da segurança jurídica.

No plano internacional, os instrumentos regulatórios que influenciam ou se relacionam diretamente com a logística reversa provêm, primeiramente, da abordagem da EPR, difundida pela OCDE desde a década de 1990. Definida por Lindhqvist (2000) e sistematizada pela OECD (2016), a EPR estabelece que produtores devem assumir responsabilidade física, financeira e informacional sobre a gestão pós-consumo.

Países europeus foram pioneiros em operacionalizar esse princípio, especialmente a partir da Diretiva 94/62/EC sobre embalagens e resíduos de embalagens. Esta foi posteriormente atualizada pela Diretiva 2018/852/UE, que impõe metas vinculantes de reciclagem e estabelece exigências de comprovação de desempenho. A Diretiva-Quadro de Resíduos (2008/98/EC) constitui outro marco fundamental ao harmonizar conceitos, definir a hierarquia de gestão de resíduos e reafirmar a EPR como instrumento estruturante das políticas de circularidade na União Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2018; 2020).

No que diz respeito a eletroeletrônicos, a Diretiva WEEE 2012/19/EU estabelece obrigações detalhadas de recolhimento, tratamento e reciclagem, servindo como referência internacional. Também merecem destaque as legislações nacionais: o modelo alemão de embalagens (VerpackG), o sistema francês operado por entidades gestoras como CITEO e o modelo canadense baseado em *stewardship organizations*, todos amplamente estudados em análises comparadas (WATKINS *et al.*, 2017; KUNZ, MAYERS & VAN WAELEGHEM, 2018). Já países como Coreia do Sul e Japão operam sistemas híbridos, combinando incentivos econômicos, depósitos retornáveis e metas mandatórias de retorno (LEE & NA, 2010; HOGG & SHERRINGTON, 2010).

Em escala multilateral, marcos globais reforçam a importância da logística reversa e da economia circular. O Acordo de Paris (UNFCCC, 2015) destaca a necessidade de transição para sistemas produtivos de baixa emissão e eficiência de recursos; a Agenda 2030 (UNITED NATIONS, 2015) trata diretamente da redução de resíduos sólidos nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 11, 12 e 14); e relatórios do IPBES (2019) e do IPCC (2022) associam a má gestão de resíduos aos impactos climáticos, ecossistêmicos e sociais.

Em complemento, o *Basel Convention Plastic Amendments* (2019) passou a regular o comércio internacional de resíduos plásticos, obrigando países signatários, incluindo o Brasil, a aprimorar sistemas de controle e rastreabilidade, influenciando diretamente a estruturação da logística reversa.

A convergência entre esses marcos demonstra que a logística reversa não opera isoladamente, mas integra políticas ambientais mais amplas baseadas em governança colaborativa, instrumentos econômicos e digitalização de processos. Conforme argumentam Gunningham, Kagan e Thornton (2003) e Ostrom (1990), políticas efetivas de gestão de resíduos exigem arranjos regulatórios que combinem comando-e-controle, incentivos de mercado e mecanismos participativos. Nesse sentido, o Brasil avança ao adotar um modelo híbrido, ampliando a institucionalidade do setor e aproximando-se de padrões internacionais de transparência, mensuração e *accountability*.

Quadro 1 – Requisitos legais nacionais e internacionais aplicáveis à logística reversa

Requisito Legal / Norma	Ementa / Conteúdo Regulatório	País / Bloco
Lei nº 12.305/2010 (PNRS)	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; define responsabilidade compartilhada; estabelece logística reversa obrigatória para diversas cadeias; cria instrumentos econômicos e sistemas declaratórios.	Brasil
Decreto nº 7.404/2010	Regulamenta a PNRS; define metas, acordos setoriais, termos de compromisso, planos de resíduos e instrumentos de fiscalização e reporte.	Brasil
Decreto nº 11.044/2022	Institui o Certificado de Crédito de Reciclagem como instrumento econômico para comprovação de resultados de logística reversa.	Brasil
Decreto nº 11.413/2023	Altera regras de comprovação de logística reversa; estabelece rastreabilidade digital, auditoria independente e integração com SINIR.	Brasil
Decreto nº 12.688/2025	Regulamenta a logística reversa de embalagens plásticas; estabelece metas progressivas, MTR obrigatório e controle via SINIR.	Brasil
CONAMA 401/2008	Estabelece procedimentos obrigatórios de gestão e logística reversa para pilhas e baterias.	Brasil
CONAMA 416/2009	Define regras, metas e obrigações para logística reversa de pneus inservíveis.	Brasil
Diretiva 94/62/EC (Embalagens)	Cria o marco regulatório para embalagens e resíduos de embalagens na UE; estabelece metas obrigatórias de reciclagem.	União Europeia
Diretiva 2008/98/EC (Waste Framework Directive)	Define a hierarquia de resíduos, EPR como princípio, metas de reciclagem e mecanismos de reporte e rastreabilidade.	União Europeia
Diretiva 2018/852/UE	Atualiza a diretiva de embalagens; amplia metas de reciclagem e reforça obrigações de comprovação de resultados.	União Europeia

Requisito Legal / Norma	Ementa / Conteúdo Regulatório	País / Bloco
Diretiva WEEE 2012/19/EU	Estabelece logística reversa obrigatória para eletroeletrônicos; metas de recolhimento e reciclagem; responsabilidade estendida.	União Europeia
Lindhqvist (EPR Framework)	Documento conceitual que origina o princípio da Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR), base global de políticas de logística reversa.	Suécia (referência teórica)
OECD – Extended Producer Responsibility: Updated Guidance (2016)	Manual internacional de diretrizes para políticas de EPR; define princípios, estrutura de governança e requisitos operacionais.	OCDE / Internacional
Basel Convention Plastic Amendments (2019)	Passa a exigir controle e rastreabilidade para o comércio internacional de resíduos plásticos; regula exportações e importações.	Multilateral (ONU)
Acordo de Paris (2015)	Estabelece compromissos climáticos; incentiva políticas de eficiência de recursos, redução de resíduos e economia circular.	Multilateral (ONU)
Agenda 2030 – ODS 11, 12 e 14	Estabelece metas globais para redução de resíduos, produção sustentável, economia circular e redução da poluição oceânica.	Global / ONU
VerpackG (Lei de Embalagens da Alemanha)	Define obrigações rígidas de EPR para embalagens; registro centralizado; auditorias; metas de reciclagem.	Alemanha
CITEO – Sistema Francês de EPR	Modelo nacional de responsabilidade estendida para embalagens e papel; gerido por entidade sem fins lucrativos; metas e taxas moduladas por desempenho ambiental.	França
Lei de EPR da Coreia do Sul (Act on the Resource Recycling of Electrical and Electronic Equipment)	Estabelece obrigações de logística reversa em eletroeletrônicos e embalagens, com sistema de taxas e créditos.	Coreia do Sul
Act on Recycling of Specified Kinds of Home Appliances (Japão)	Obriga fabricantes a recolher e reciclar equipamentos eletroeletrônicos específicos; sistema rígido de comprovação.	Japão

Requisito Legal / Norma	Ementa / Conteúdo Regulatório	País / Bloco
California Recycling and Resource Recovery Act	Estabelece metas e instrumentos de logística reversa, compostagem e reciclagem; forte abordagem de stewardship.	Estados Unidos (Califórnia)
Canadian Stewardship Programs (province-based)	Sistemas de logística reversa descentralizados para embalagens, eletroeletrônicos, óleo, pneus e outros resíduos.	Canadá
Australian Product Stewardship Act (2011)	Cria mecanismo nacional de EPR para eletroeletrônicos, pneus e embalagens; incentiva logística reversa.	Austrália

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.2 O certificado de crédito de reciclagem e o incentivo à adoção de práticas de logística reversa nas empresas brasileiras, com foco na gestão de resíduos sólidos e redução de impactos ambientais.

O CCRLR emerge, no contexto brasileiro, como um instrumento econômico-regulatório destinado a superar uma lacuna histórica entre a previsão normativa da logística reversa e sua efetiva implementação pelas empresas.

Contudo, a mera imposição legal não foi suficiente para garantir, em escala nacional, investimentos consistentes em infraestrutura de coleta, triagem e reciclagem, especialmente em um cenário marcado pela informalidade, assimetria de informações e volatilidade de preços dos materiais recicláveis (Santos, 2015; Dias, 2016; Gutberlet, 2018). Nesse cenário, o CCRLR aparece como mecanismo voltado a alinhar incentivos econômicos, permitindo que empresas internalizem os custos da logística reversa por meio de um mercado regulado de créditos lastreados em resultados comprovados.

Do ponto de vista jurídico-institucional, o CCRLR foi formalmente instituído pelo Decreto nº 11.413/2023, que criou três tipos de certificados vinculados à PNRS: 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 Massa Futura (CCMF). O decreto define o CCRLR como documento emitido por entidade gestora, capaz de comprovar a

restituição ao ciclo produtivo de massa equivalente de produtos ou embalagens sujeitas à logística reversa, com base em evidências rastreáveis e auditáveis.

Tal desenho aproxima o instrumento de modelos internacionais de responsabilidade estendida do produtor (EPR), nos quais o cumprimento de metas de reciclagem é operacionalizado por mecanismos de mercado, evitando que o ônus recaia exclusivamente sobre o poder público (LINDHQVIST, 2000; OECD, 2016).

Sob a ótica econômico-ambiental, o CCRLR pode ser interpretado como um instrumento de natureza “pigouviana”, voltado à internalização de custos ambientais associados à geração de resíduos pós-consumo. Autores clássicos da economia ambiental, como Pigou (1920) e Pearce e Turner (1990), argumentam que instrumentos econômicos (taxas, subsídios, mercados de créditos) são adequados para corrigir falhas de mercado ligadas a externalidades negativas, como a disposição inadequada de resíduos e a extração de recursos naturais virgens.

Ao atrelar a emissão de créditos à efetiva recuperação e reciclagem de materiais, o CCRLR cria um “preço” para o serviço ambiental de desviar resíduos de aterros e lixões, incentivando empresas a financiarem operações de coleta, triagem e beneficiamento como forma de comprovar o cumprimento de suas obrigações legais de elaborar um plano de logística reversa ou até mesmo voluntárias (ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010; STAVINS, 2019).

No contexto da gestão empresarial de resíduos sólidos, o CCRLR atua, em primeiro lugar, como um mecanismo de redução de custos de transação para os obrigados pela PNRS. Ao invés de cada empresa estruturar, isoladamente, toda a cadeia de logística reversa, o modelo permite a adesão a sistemas coletivos operados por entidades gestoras, que concentram a implementação física (coleta, triagem, reciclagem) e a comprovação documental dos resultados (KUNZ, MAYERS & VAN WASSENHOVE, 2018). É o caso dos resíduos eletroeletrônicos e pneus, por exemplo.

Isso é particularmente relevante para empresas de médio e pequeno porte, para as quais seria inviável montar, por conta própria, uma rede de logística reversa nacionalmente capilarizada. Ao adquirir CCRLR de uma entidade gestora, a empresa transfere a terceiros especializados a execução operacional, cumprindo suas metas legais de forma mais eficiente sob a ótica de

custos e governança. Nesse sentido, o certificado funciona como um instrumento de coordenação da cadeia de valor, aproximando geradores de resíduos, operadores logísticos, cooperativas e recicladores (GEREFFI, HUMPHREY & STURGEON, 2005).

No caso brasileiro, o vínculo entre CCRLR e metas de recuperação de embalagens é reforçado pelo Decreto nº 12.688/2025, que estabelece índices mínimos de recuperação e conteúdo reciclado para embalagens plásticas. Este obriga empresas a demonstrarem, por meio de certificados e sistemas de informação, o desvio efetivo de resíduos de destinos inadequados, como lixões (GEISSDOERFER *et al.*, 2017; IPBES, 2019).

Documentos oficiais e análises jurídicas sobre o Decreto nº 11.413/2023 apontam que um dos objetivos expressos da reformulação do programa do governo federal Recicla+, que instituiu o CCLR, foi precisamente colocar os catadores no centro da cadeia de reciclagem, corrigindo distorções que dificultavam seu acesso aos créditos (SOLER, 2023; TRENCH ROSSI, 2023). Tal arranjo, se bem implementado, contribui simultaneamente para a inclusão produtiva, a formalização de trabalho e o fortalecimento da infraestrutura de triagem e beneficiamento, elementos essenciais para a efetividade da logística reversa.

A digitalização, a rastreabilidade e a auditoria independente são componentes estruturantes do papel do CCRLR enquanto instrumento de incentivo. A experiência internacional com EPR evidencia que a credibilidade de sistemas baseados em créditos depende da robustez dos mecanismos de medição, reporte e verificação (MRV), sob pena de se produzirem apenas “créditos de papel” sem lastro em resultados concretos (OECD, 2016; JOLTREAU, 2023).

Por outro lado, o sucesso de mecanismos como o CCRLR depende do desenho regulatório, da clareza das responsabilidades e da capacidade de fiscalização do Estado (BLACKMAN & HARRINGTON, 2000; STAVINS, 2019). Riscos como a concentração de mercado em poucas entidades gestoras, a dificuldade de integração de pequenos geradores, a potencial dupla contagem de resultados e a fragilidade de bases de dados podem comprometer a efetividade ambiental e a legitimidade do sistema.

Estudos recentes sobre EPR, inclusive no contexto brasileiro de resíduos eletroeletrônicos, indicam que a simples existência de um marco legal não garante resultados se não houver coerência entre metas, incentivos e mecanismos de governança (CARVALHO PEREIRA, 2024; OECD, 2024). Assim, investigar o papel do CCRLR implica não apenas reconhecer seu potencial como instrumento de incentivo à adoção de práticas de logística reversa, mas também problematizar seus limites, tensões e condições de efetividade.

A concretização de uma economia circular requer ações integradas em múltiplas frentes. É essencial promover pesquisa e inovação nos âmbitos social, tecnológico e comercial, com a colaboração de economistas, ambientalistas e cientistas de materiais para avaliar impactos ecológicos, custos e benefícios dos produtos. O *design* para reutilização e reciclagem, com modularidade e padronização de componentes, deve tornar-se padrão, acompanhado de estratégias de comunicação para conscientizar empresas e consumidores sobre sua responsabilidade ao longo do ciclo de vida dos produtos.

As políticas públicas precisam incentivar o desempenho, internalizar custos ambientais e priorizar a responsabilidade contínua do produtor (*stewardship*), em vez de focar na simples propriedade. Tecnologias como Internet das Coisas e Indústria 4.0 impulsionarão essa transformação, mas exigem novas regras para propriedade e responsabilidade sobre dados e bens. Os instrumentos econômicos devem taxar mais o uso de recursos não renováveis e incentivar atividades que preservam valor, como reparo e remanufatura. Impostos como o IVA (Imposto sobre Valor Agregado/Acrescentado) deveriam incidir sobre extração e manufatura, não sobre reutilização. Créditos de carbono devem recompensar a prevenção de emissões de forma equivalente à sua redução. A prosperidade deve ser medida pelo estoque de capital — natural, cultural, humano e manufaturado — e não apenas pelo fluxo de vendas. Conciliar as diferentes dimensões econômicas requer uma mudança profunda no enfoque das políticas, em direção a modelos de negócio baseados na responsabilidade integral e permanente dos produtos, o que pode elevar significativamente a competitividade nacional (STAHEL, 2016).

O CCRLR ocupa posição estratégica na interseção entre regulação ambiental, economia circular e governança corporativa no Brasil. Ao criar um mercado regulado de créditos lastreados em resultados, o instrumento tende a reduzir barreiras econômicas à adoção de práticas de logística reversa pelas empresas, fortalecer a infraestrutura de gestão de resíduos sólidos e contribuir para a redução de impactos ambientais associados à destinação inadequada de resíduos e à extração de recursos naturais.

Seu desempenho, contudo, dependerá da forma como for operacionalizado: da qualidade das entidades gestoras, da integração com cooperativas de catadores, da consistência dos sistemas de rastreabilidade e da articulação com as agendas de ESG e transparência regulatória. Esse conjunto de fatores torna o CCRLR um objeto privilegiado de investigação acadêmica, tanto sob a perspectiva jurídico-ambiental quanto sob os enfoques da economia institucional, da política pública e da gestão empresarial.

4.3 Contribuição do certificado de crédito de reciclagem para a implementação de um modelo de economia circular, promovendo a recuperação de materiais e a diminuição da dependência de recursos naturais virgens.

Os resultados do trabalho de Govindan e Hasanagic (2018) mostram claramente que, entre os diversos *stakeholders*, a perspectiva governamental é a que exerce o impacto positivo mais significativo sobre a implementação da economia circular nas cadeias de suprimentos. Especificamente, a economia circular pode ser promovida por meio de leis, políticas públicas, redução de riscos (por meio de incentivos ou tributos) e governança rigorosa. Portanto, a adoção do certificado de crédito de reciclagem como instrumento de política ambiental insere-se diretamente na agenda de transição para a economia circular, ao criar um elo operacional e econômico entre a gestão de resíduos, a recuperação de materiais e a redução da dependência de recursos naturais virgens.

No contexto brasileiro, o antigo Certificado de Crédito de Reciclagem – Recicla+, instituído pelo Decreto nº 11.044/2022, foi concebido como documento comprobatório da massa de produtos ou embalagens efetivamente restituída ao

ciclo produtivo, no âmbito dos sistemas de logística reversa previstos no art. 33 da Lei nº 12.305/2010 (PNRS).

Posteriormente, o Decreto nº 11.413/2023 revogou o decreto anterior e instituiu o CCRLR, CERE e o CCMF, redesenhando o modelo para aproximá-lo de boas práticas internacionais em EPR. Do ponto de vista conceitual, a economia circular é entendida como um sistema econômico restaurativo e regenerativo, em que fluxos de materiais e energia são mantidos em ciclos de uso, reuso, remanufatura e reciclagem, reduzindo a extração de recursos naturais e a geração de resíduos (GEISSDOERFER *et al.*, 2017; KIRCHHERR, REIKE & HEKKERT, 2017).

A transição para esse modelo exige instrumentos concretos de política pública capazes de redesenhar incentivos econômicos ao longo das cadeias de valor (KORHONEN, NUUR & FELDMANN, 2018).

No plano internacional, a OCDE define a EPR como uma abordagem em que a responsabilidade do produtor se estende ao pós-consumo, incluindo responsabilidade física, financeira e informacional sobre os produtos e embalagens (LINDHQVIST, 2000; OECD, 2016).

A contribuição do CCRLR para a recuperação de materiais manifesta-se em diferentes níveis. Em primeiro lugar, o certificado fortalece a viabilidade econômica das operações de coleta seletiva, triagem e reciclagem, tradicionalmente sujeitas à volatilidade dos preços de sucata e à baixa previsibilidade de receitas. Estudos sobre mercados de recicláveis mostram que a oscilação de preços compromete investimentos de longo prazo em infraestrutura e tecnologia, especialmente em países em desenvolvimento (GEYER, JAMBECK & LAW, 2017; KINNAMAN, 2020).

Ao criar uma receita adicional vinculada à comprovação de reciclagem, além da venda do material, o CCRLR melhora a atratividade econômica da atividade, reduzindo o risco para recicladores, cooperativas e operadores logísticos. Experiências com créditos de reciclagem no Brasil, em especial aqueles lastreados em sistemas coletivos de logística reversa de embalagens, indicam que a estruturação de um mercado de certificados tende a canalizar recursos privados para a cadeia de reciclagem, ampliando a capacidade instalada e a cobertura territorial dos sistemas de coleta.

Em segundo lugar, a existência de um instrumento financeiro vinculado à reciclagem cria incentivos para o redesenho de produtos e embalagens, aproximando logística reversa e ecodesign. O custo de gerenciamento de resíduos pós-consumo recai em parte sobre os produtores, pois eles tendem a incorporar critérios de reciclabilidade, durabilidade e redução de materiais em seus processos de design (OECD, 2016; WATKINS *et al.*, 2017).

Ao estruturar um fluxo financeiro para reciclagem, o CCRLR contribui para elevar a taxa de “circularidade” da economia brasileira, indicador que, em termos globais, permanece baixo, estimado em torno de 7–8% do total de materiais consumidos (CIRCLE ECONOMY, 2023). Em cadeias de grande intensidade material, como plásticos, papel, embalagens metálicas e eletroeletrônicos, o potencial de substituição de recursos virgens por reciclados é significativo, desde que haja qualidade e rastreabilidade dos materiais recuperados (HOPEWELL, DVORAK & KOSIOR, 2009; GEYER, JAMBECK & LAW, 2017).

Textos técnicos e análises jurídicas sobre o Decreto nº 11.413/2023 ressaltam justamente a oportunidade de reposicionar as cooperativas no centro da governança da logística reversa, desde que superadas barreiras de capacitação, organização e acesso às plataformas digitais. Essa articulação reforça o caráter sistêmico do CCRLR enquanto instrumento de economia circular, pois conjuga ganhos ambientais, sociais e econômicos.

A credibilidade do CCRLR como instrumento de economia circular depende da robustez de seus mecanismos de mensuração, reporte e verificação (MRV). A experiência de mercados ambientais, em especial o mercado europeu de carbono, demonstra que falhas de governança, dupla contagem e créditos sem lastro comprometem a efetividade ambiental dos instrumentos de mercado (ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010; HEPBURN *et al.*, 2020).

O Quadro 2 descreve as contribuições do CCRLR para a Economia Circular e condicionantes de Efetividade.

O certificado de crédito de reciclagem, na forma atual de CCRLR, tem potencial para contribuir de maneira significativa à implementação de um modelo de economia circular no Brasil, ao: (i) criar um fluxo financeiro estável para a recuperação de materiais; (ii) induzir melhorias no design de produtos e embalagens; (iii) reduzir a dependência de recursos naturais virgens por meio do aumento do uso de materiais reciclados; (iv) fortalecer a inclusão produtiva de

catadores e cooperativas; e (v) articular-se com padrões contemporâneos de governança, rastreabilidade e transparência. A efetividade desse potencial, entretanto, dependerá da capacidade institucional de aprimorar continuamente o desenho regulatório, mitigar riscos de *greenwashing* e assegurar que o CCRLR permaneça ancorado em resultados ambientais mensuráveis e verificáveis, em consonância com a literatura sobre instrumentos econômicos ambientais e sistemas de EPR.

Quadro 2 – Contribuições do CCRLR para a Economia Circular e Condicionantes de Efetividade

Eixo de Contribuição do CCRLR	Descrição da Contribuição	Impacto Estrutural na Economia Circular	Referências Relacionadas
1. Criação de fluxo financeiro estável para a reciclagem	O CCRLR remunera comprovadamente a coleta, triagem e reciclagem, garantindo recursos contínuos para operadores e cooperativas.	Aumenta taxas de recuperação de materiais e viabiliza sistemas de logística reversa.	OECD (2016); Ellerman <i>et al.</i> (2010); ABRELPE (2023).
2. Indução a melhorias no design de produtos e embalagens	O custo dos certificados pode estimular empresas a reduzir resíduos na origem, redesenhar embalagens e adotar materiais mais facilmente recicláveis.	Promove princípios de ecoeficiência, ecodesign e circularidade.	Kirchherr <i>et al.</i> (2017); Korhonen <i>et al.</i> (2018); Hopewell <i>et al.</i> (2009).
3. Redução da dependência de recursos naturais virgens	O aumento da oferta e uso de materiais reciclados substitui matéria-prima primária.	Mitiga extração de recursos, reduz emissões e diminui impactos ambientais.	IPCC (2022); Geyer, Jambeck & Law (2017); UNEP (2021).
4. Fortalecimento da inclusão produtiva de catadores e cooperativas	Formaliza serviços ambientais prestados por cooperativas e gera remuneração por resultados comprovados.	Amplia justiça socioambiental, reduz desigualdades e fortalece cadeias socioprodutivas.	Dias (2016); Gutberlet (2018); Siqueira & Moraes (2018).
5. Articulação com padrões de governança, rastreabilidade e transparência	O CCRLR requer auditoria, verificação de resultados, rastreabilidade digital e	Eleva a maturidade ESG das empresas, reduz riscos regulatórios e	IFRS Foundation (2023); TCFD (2017); Lyon &

Eixo de Contribuição do CCRLR	Descrição da Contribuição	Impacto Estrutural na Economia Circular	Referências Relacionadas
	integração com o SINIR.	aprimora compliance ambiental.	Montgomery (2015).
Condicionantes de efetividade	Mitigar greenwashing, aprimorar governança regulatória e garantir mensuração e verificação robustas.	Assegura que o CCRLR permaneça um instrumento econômico ambiental legítimo e eficaz.	OECD (2016); Eccles <i>et al.</i> (2014); Ellerman <i>et al.</i> (2010).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.4 Relação entre o certificado de crédito de reciclagem e as práticas de ESG.

A integração dos princípios ESG ao funcionamento da economia global e do sistema financeiro é um processo contínuo e em constante evolução, que exige atualização e monitoramento permanentes. Embora os investimentos temáticos em sustentabilidade tenham alcançado US\$ 3,2 trilhões em 2020, esse montante ainda é pequeno quando comparado ao volume do financiamento convencional. Muitos bancos e investidores ainda não demonstram compromisso significativo com empresas que realmente promovem práticas ESG (CAUSEVIC, BESLIK e CAUSEVIC, 2022).

A análise da relação entre o certificado de crédito de reciclagem e as práticas de ESG exige, em primeiro lugar, reconhecer que o CCRLR não é apenas um mecanismo de comprovação de metas legais da PNRS, mas um instrumento de governança e de alavancagem de desempenho ESG. Ao instituir o CCRLR, o Decreto nº 11.413/2023 redesenha a arquitetura da logística reversa no Brasil, criando certificados lastreados em resultados de reciclagem (CCRLR), na estruturação de sistemas (CERE) e em massa futura (CCMF), todos integrados aos sistemas de logística reversa do art. 33 da Lei nº 12.305/2010.

Os certificados visam estimular a não geração de resíduos e a redução do desperdício de materiais, ao mesmo tempo em que aumentam a rastreabilidade e a transparência dos fluxos de reciclagem. Essa configuração torna o CCRLR

especialmente adequado para dialogar com métricas ambientais, sociais e de governança utilizadas em relatórios de sustentabilidade e em avaliações ESG.

Estudos recentes sobre logística reversa no Brasil, conforme citados na revisão de literatura, destacam que os créditos de reciclagem instituídos pelo Decreto nº 11.413/2023 podem, quando desenhados de forma inclusiva, fortalecer a renda, a organização coletiva e a visibilidade política dos catadores, aproximando a política de resíduos de agendas de justiça ambiental e economia solidária. Relatórios e materiais técnicos de entidades gestoras e consultorias em logística reversa enfatizam justamente essa conexão entre créditos de reciclagem, formalização de cooperativas, capacitação e melhoria das condições de trabalho, apresentando tais iniciativas como evidência concreta de criação de valor social nos relatórios ESG corporativos

Assim, o CCRLR pode ser utilizado pelas empresas para mostrar, de forma quantificável, sua contribuição para inclusão produtiva, geração de renda e redução de vulnerabilidades nas cadeias de reciclagem, reforçando indicadores sociais associados a ODS 8, 10 e 12.

Essa arquitetura de reporte e governança dialoga diretamente com as exigências de *frameworks* internacionais de divulgação de sustentabilidade, em especial as recomendações da TCFD, que estruturam as informações em quatro pilares — governança, estratégia, gestão de riscos e métricas/alvos (TCFD, 2017) e as normas IFRS S1 e IFRS S2, que consolidam esses mesmos eixos como base para as divulgações de riscos e oportunidades de sustentabilidade e de clima, atribuindo ao conselho de administração e à alta gestão responsabilidade explícita pela supervisão desses temas (IFRS FOUNDATION, 2023a; IFRS FOUNDATION, 2023b; G20/IOSCO/IFRS/WB, 2023).

A qualidade dos dados ESG é fundamental, mas ainda insuficiente. Para análises mais completas, é necessário complementar relatórios financeiros tradicionais com dados alternativos, como imagens de satélite, avaliações de produtos e conteúdo de redes sociais. Essa ampliação permite maior precisão na avaliação de conformidade ESG e ajuda a prevenir *greenwashing* (CAUSEVIC, BESLIK e CAUSEVIC, 2022).

O uso de créditos pode ser articulado com políticas de compras responsáveis e contratos de longo prazo com cooperativas e operadores de reciclagem, o que reforça o componente social dos relatórios ESG, sobretudo

quando as empresas apresentam narrativas e evidências sobre inclusão de catadores, capacitação, saúde e segurança, equidade de renda e fortalecimento da economia local. O CCRLR funciona como “teste de estresse” da governança corporativa: empresas que conseguem integrar esse instrumento em políticas internas, controles de risco, canais de denúncia e auditorias independentes tendem a demonstrar maior maturidade em governança ambiental e transparência, reduzindo riscos de *greenwashing* e de sanções administrativas ou reputacionais.

É importante reconhecer, contudo, que a simples aquisição de certificados não assegura, por si só, uma boa performance ESG. A literatura sobre instrumentos econômicos ambientais e sobre *greenwashing* mostra que há risco de utilização de mecanismos de mercado apenas como estratégia de marketing, sem mudanças substantivas na estratégia de negócios ou na gestão de riscos socioambientais. Outra questão importante para Berg, Kölbel e Rigobon (2019) é a divergência entre *ratings* ESG e identificaram três componentes: Escopo (quais categorias entram no *rating* - classificação); Peso (importância atribuída a cada categoria); Mensuração (como cada indicador é medido). Segundo eles, as Agências de *rating* devem estabelecer uma transparência maior, tanto quanto às definições (escopo e pesos) quanto às metodologias de mensuração.

Nesse sentido, a contribuição do CCRLR para o fortalecimento dos pilares ESG depende de como ele é incorporado à governança corporativa: se apenas como custo de *compliance* mínimo ou como parte de uma estratégia integrada de economia circular, inovação em modelos de negócio e engajamento com stakeholders. Estudos recentes em logística reversa no Brasil indicam que os maiores ganhos ocorrem quando as empresas combinam créditos de reciclagem com redesign de embalagens, redução na geração de resíduos, investimento em infraestrutura de coleta e transparência nos relatórios de sustentabilidade, inclusive com alinhamento a padrões como GRI, TCFD e IFRS S1/S2.

O certificado de crédito de reciclagem pode fortalecer de forma significativa a atuação empresarial nos três pilares ESG, desde que seja tratado como instrumento estrutural, e não meramente cosmético: ambiental, ao financiar a recuperação de materiais e apoiar metas de circularidade e clima; social, ao canalizar recursos para cadeias de reciclagem intensivas em trabalho de catadores e cooperativas; e de governança, ao exigir sistemas de *compliance*,

rastreabilidade e reporte compatíveis com os novos referenciais globais de *disclosure* de sustentabilidade. O Quadro 3 estabelece a relação do CCRLR e os pilares da ESG, enquanto que ao Quadro 4 elenca a relação entre o CCRLR e os indicadores GRI.

Essa interface entre CCRLR e ESG constitui um campo promissor de pesquisa empírica, inclusive para testar se empresas com maior intensidade de uso desse instrumento apresentam melhor desempenho em *ratings* ESG, menor custo de capital e maior resiliência regulatória no contexto da transição para uma economia de baixo carbono e de uso eficiente de recursos.

Quadro 3 – Relação entre o CCRLR e os pilares ESG

Pilar ESG	Como o CCRLR contribui	Mecanismos envolvidos	Benefícios para a empresa	Referências
Ambiental (E)	Reduz a destinação inadequada de resíduos e amplia taxas de reciclagem; contribui para metas de economia circular e mitigação de impactos ambientais.	Certificados lastreados em resultados de reciclagem (CCRLR), comprovação documental, integração ao SINIR, rastreabilidade digital, auditorias.	Redução de riscos ambientais, melhoria de indicadores de circularidade, alinhamento com TCFD/IFRS S2, atendimento ao art. 33 da PNRS.	IPCC (2022); IPBES (2019); OECD (2016); Ellerman <i>et al.</i> (2010); Kirchherr <i>et al.</i> (2017); Decreto 11.413/2023.
Social (S)	Favorece a formalização de catadores e cooperativas, gera renda e amplia a inclusão produtiva.	Contratação de cooperativas como prestadoras de serviços ambientais; repasse financeiro pela comprovação de reciclagem; programas de capacitação.	Fortalecimento de cadeias socioprodutivas, redução de vulnerabilidades, melhoria de indicadores sociais (ODS 8, 10 e 12).	Dias (2016); Gutberlet (2018); Jacobi & Besen (2011); Siqueira & Moraes (2018); ABRELPE (2023).
Governança (G)	Exige compliance robusto, controles	Due diligence de entidades gestoras, verificação de	Fortalecimento da governança ESG; atendimento a	Eccles, Ioannou & Serafeim (2014);

Pilar ESG	Como o CCRLR contribui	Mecanismos envolvidos	Benefícios para a empresa	Referências
	internos, gestão de riscos e auditoria independente; aumenta a transparência corporativa.	resultados, reporte anual de metas, mitigação de riscos de dupla contagem.	frameworks de disclosure (IFRS S1/S2, TCFD); prevenção de greenwashing.	OECD (2015); IBGC (2015); TCFD (2017); IFRS Foundation (2023); Lyon & Montgomery (2015).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Quadro 4 – Relação entre o CCRLR e indicadores da GRI

Tema GRI	Indicador GRI	Como o CCRLR contribui	Evidências geradas pelo CCRLR
Materiais	GRI 301-1 (Materiais usados)	Aumenta o uso de materiais reciclados nas operações empresariais.	Comprovação de massa reciclada via certificados.
Materiais	GRI 301-2 (Materiais reciclados)	Eleva a proporção de material reaproveitado no ciclo produtivo.	Relatórios de entidades gestoras e SINIR.
Resíduos	GRI 306-2 (Tipos e destinos de resíduos)	Reduz envio a aterros, aumenta reciclagem.	Relatório anual de LR conforme Decreto 11.413/2023.
Resíduos	GRI 306-3 (Resíduos gerados)	Incentiva redução na origem e ecoeficiência.	Métricas de circularidade e rastreabilidade.
Conformidade Ambiental	GRI 307-1	Assegura cumprimento de requisitos da PNRS.	Certificados e auditorias como evidências de conformidade.
Impactos Sociais	GRI 413-1	Apoia inclusão socioeconômica de catadores.	Contratos, treinamentos e pagamentos para cooperativas.
Fornecedores	GRI 308-1	Qualifica cooperativas e operadores segundo critérios socioambientais.	Certificações, auditorias e critérios ESG aplicados às cadeias.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.5 Benefícios econômicos e ambientais gerados pela adoção do certificado de crédito de reciclagem nas empresas.

A adoção do Certificado de Crédito de Reciclagem representa um instrumento inovador de política ambiental capaz de gerar benefícios simultâneos de ordem econômica e ambiental para as empresas. Do ponto de vista econômico, pode promover a redução de custos operacionais relacionados à gestão de resíduos, ampliar oportunidades de negócios vinculados à economia circular e fortalecer a imagem corporativa perante investidores e consumidores atentos a práticas ESG.

O CCRLR abre oportunidades para que empresas se alinhem às exigências de mercado em matéria de sustentabilidade, fortalecendo sua reputação junto a consumidores e investidores. O instrumento fomenta ainda o surgimento de novos negócios, incentiva a inovação em design de produtos recicláveis e contribui para o fortalecimento de políticas públicas alinhadas aos ODS da Agenda 2030 (POKHAREL & MUTHA, 2009).

Sob a perspectiva ambiental, incentiva o aumento das taxas de reciclagem, reduz a destinação inadequada de resíduos e contribui para o cumprimento das metas legais de logística reversa, alinhando as atividades empresariais às diretrizes de sustentabilidade e responsabilidade socioambiental. Os benefícios econômicos e ambientais analisados estão descritos no Quadro 5.

Quadro 5: Benefícios Econômicos e Ambientais Gerados pela Adoção do CCLR nas Empresas

Tema	Descrição	Citação
Papel do CCRLR no incentivo à logística reversa	O Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa (CCRLR), instituído pelo Decreto nº 11.413/2023, é um instrumento jurídico-econômico que viabiliza a compensação ambiental. Ele garante a	Brasil (2023); Silva (2024); OECD (2022); Gagliardi (2023).

Tema	Descrição	Citação
	comprovação documentada, transparente e auditável da logística reversa, induzindo empresas a adotar práticas mais eficientes e inclusivas.	
Fomento à inovação e à economia circular	A aquisição de CCRLRs pelas empresas leva à internalização dos custos da logística reversa, estimulando o redesenho de produtos para maior reciclabilidade, durabilidade e desmontabilidade. Esse processo fomenta eficiência energética, redução de custos e competitividade sustentável, em consonância com os princípios da economia circular.	Ellen MacArthur Foundation (2015); Tiozzi & Simon (2021); Kirchherr et al. (2017); Streit; Guarnieri; Farias (2022).
Contribuição para a economia circular	O CCRLR atua como instrumento de operacionalização da circularidade ao monetizar a reciclagem e incentivar a compensação ambiental dos produtos. Assim, reforça o paradigma circular, baseado na regeneração de sistemas naturais e na reintrodução contínua dos resíduos na cadeia produtiva.	Ellen MacArthur Foundation (2015); Geissdoerfer <i>et al.</i> (2017); Sachs (2009); OECD (2022).
Resíduo como ativo econômico	O certificado transforma resíduos recicláveis em ativos financeiros, precificados como créditos comercializáveis. Esse paradigma converte resíduos de “custo de descarte” em fonte de receita e oportunidade de retorno, promovendo inclusão de cooperativas e operadores de reciclagem, ao mesmo tempo em	Fernandez (2012); Letunovska (2023).

Tema	Descrição	Citação
	que permite às empresas internalizar externalidades ambientais.	
Rastreabilidade e comprovação da circularidade	O CCRLR resolve o desafio da comprovação de circularidade por meio de lastro documental: notas fiscais eletrônicas (NF-e), Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) e Comprovante de Comercialização de Material Reciclável (CCMF). Esse modelo garante transparência, auditoria independente e confiabilidade dos resultados.	Brasil (2024); Brasil (2023); GRI (2022); Costa, Costa & Freitas (2017).
Inovação em design e simbiose industrial	Ao gerar custos de conformidade, o CCRLR estimula empresas a redesenhar embalagens e produtos de forma a facilitar o reaproveitamento. Também incentiva a criação de arranjos cooperativos entre setores (simbiose industrial), promovendo eficiência sistêmica e circularidade ampliada.	Mallick et al. (2023); Sellitto (2025); Roherich (2022); Streit; Guarnieri; Farias, 2022;

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.6 Desafios e Barreiras para a Expansão do Uso do Certificado de Crédito de Reciclagem no Brasil

A consolidação do CCRLR como instrumento estratégico de política ambiental no Brasil depende da superação de desafios estruturais, institucionais e operacionais que ainda caracterizam o sistema nacional de logística reversa. Embora o CCRLR represente uma inovação relevante ao introduzir incentivos econômicos baseados em resultados comprovados e rastreáveis, seu pleno funcionamento requer o fortalecimento de estruturas de governança, a

ampliação da capacidade operacional da cadeia de reciclagem e a harmonização normativa entre diferentes entes federativos. Sua consolidação depende da criação de mercados robustos, capazes de gerar sinalizações econômicas consistentes e de engajar empresas, operadores e cooperativas em práticas de circularidade. Assim, compreender a complexidade desses desafios e propor estratégias alinhadas às melhores práticas internacionais é essencial para garantir que o CCRLR contribua de maneira efetiva para os objetivos da PNRS e para o avanço da economia circular no país.

Um dos principais desafios diz respeito às assimetrias estruturais presentes na cadeia de reciclagem brasileira, marcada pela predominância da informalidade, pela heterogeneidade tecnológica entre operadores e pela dependência de grandes centros urbanos como polos de reciclagem. Estudos do IPEA (2022) e da ABRELPE (2023) evidenciam que grande parte da massa reciclada no Brasil é processada por cooperativas de catadores em condições de infraestrutura limitada, baixa capitalização e vulnerabilidade econômica.

A consolidação do CCRLR requer estratégias que fortaleçam essas organizações, ampliando sua capacidade produtiva, garantindo acesso a financiamento, promovendo capacitação técnica e assegurando inclusão plena nos fluxos formais de reciclagem. A economia solidária e inclusão produtiva aponta que modelos que desconsideram a realidade social dos catadores tendem a aprofundar desigualdades e comprometer a eficácia de instrumentos econômicos ambientais (GAIGER, 2019; MEDINA, 2008).

Os mercados regulados, como o de carbono e o de energias renováveis demonstram que a credibilidade de instrumentos baseados em título depende de mecanismos de verificação independente, interoperabilidade de dados e controle robusto de riscos (ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010; GOLD STANDARD FOUNDATION, 2021). No caso do CCRLR, embora a integração entre SINIR, MTR Nacional e notas fiscais eletrônicas represente um avanço, o sistema enfrenta desafios relacionados à qualidade dos dados, à padronização das informações enviadas pelos operadores e à necessidade de ampliar a capacidade de auditoria. Estratégias de fortalecimento digital, incluindo *blockchain*, *big data* e interoperabilidade entre sistemas estaduais e federais, são apontadas como caminhos viáveis para elevar a confiabilidade e a escalabilidade do mecanismo (KOUHIZADEH, ZHU & SARKIS, 2020).

A harmonização normativa também constitui um desafio relevante. No Brasil, a implementação da PNRS ocorre em um ambiente federativo complexo, no qual estados e municípios possuem legislações e sistemas próprios de controle ambiental, frequentemente não integrados. A fragmentação regulatória reduz eficiência, eleva custos de conformidade e compromete a coerência institucional (PRESSMAN & WILDAVSKY, 1973; YOUNG, 2017).

A consolidação do CCRLR exige, portanto, esforços de alinhamento entre regulamentações estaduais, resoluções do CONAMA, decretos federais e normativas complementares, como o Decreto nº 12.688/2025 que instituiu o sistema de logística reversa de embalagens de plástico., visando reduzir sobreposições, padronizar procedimentos e fortalecer a coordenação intergovernamental.

No campo econômico, a consolidação do CCRLR depende da formação de mercados estáveis, com liquidez suficiente e preços capazes de sinalizar custos e benefícios reais da reciclagem. Mercados ambientais frequentemente enfrentam volatilidade, assimetrias de informação e riscos associados à especulação, conforme demonstram estudos clássicos sobre instrumentos econômicos (STAVINS, 2019; PEARCE & TURNER, 1990).

Para evitar tais distorções, estratégias como definição clara de metas de reciclagem, credenciamento rigoroso de operadores e transparência de preços podem contribuir para a estabilidade e previsibilidade do mercado de créditos de reciclagem. Além disso, é fundamental engajar grandes setores industriais, como plásticos, eletroeletrônicos e embalagens, enquanto demandantes consistentes de créditos, criando escala e sustentabilidade financeira para o instrumento.

Outro desafio relevante está relacionado à capacidade de auditoria e fiscalização. Os instrumentos econômicos bem-sucedidos dependem de auditorias independentes com alto grau de rigor técnico, capazes de detectar fraudes, dupla contagem, registros inconsistentes e práticas de *greenwashing* (DARNALL, SEOL & SARKIS, 2009; LYON & MONTGOMERY, 2015).

No Brasil, há necessidade de ampliar o número de auditores qualificados, estabelecer padrões técnicos específicos para verificação de reciclagem e aprimorar protocolos de fiscalização. Estratégias de capacitação, certificação e harmonização de metodologias de auditoria são essenciais para garantir integridade ambiental e segurança jurídica ao sistema.

Do ponto de vista socioambiental, a consolidação do CCRLR enfrenta o desafio de conciliar eficiência econômica com inclusão social. Políticas ambientais mal desenhadas podem gerar exclusão de trabalhadores informais ou concentrar renda em elos da cadeia de maior poder econômico (ACSELRAD, 2010; BULLARD & WRIGHT, 2012). Assim, estratégias como criação de linhas de crédito para cooperativas, programas de capacitação, incentivos fiscais para equipamentos de triagem e mecanismos de priorização da inclusão de catadores são essenciais para assegurar que o CCRLR continue alinhado aos princípios da justiça ambiental.

A consolidação do CCRLR depende de esforços contínuos de governança, inovação institucional e engajamento multissetorial. Organizações da sociedade civil, associações empresariais, universidades, órgãos ambientais e cooperativas desempenham papel central na criação de redes de aprendizado, na difusão de boas práticas e no monitoramento independente do sistema. A economia circular prescreve que processos de transição requerem cooperação entre atores e inovação institucional contínua (KIRCHHERR, REIKE & HEKKERT, 2017; KORHONEN, NUUR & FELDMANN, 2018). O CCRLR é um instrumento capaz de acelerar a transição, desde que acompanhado de estratégias de longo prazo, de políticas públicas robustas e de incentivos econômicos consistentes.

4.6.1 Barreiras regulatórias e insegurança jurídica

Ambientes regulatórios instáveis reduzem investimentos, aumentam custos de transação e desestimulam a adoção de mecanismos de mercado voltados à sustentabilidade (PRESSMAN & WILDAVSKY, 1973; OSTROM, 1990; GUNNINGHAM, KAGAN & THORNTON, 2003). Portanto, compreender as barreiras regulatórias e seus efeitos sobre o CCRLR é essencial para propor estratégias que fortaleçam o marco jurídico da logística reversa no Brasil.

Um dos principais desafios decorre da fragmentação normativa entre União, estados e municípios. A PNRS (Lei nº 12.305/2010) estabeleceu diretrizes gerais, mas sua implementação requer regulamentações complementares em múltiplos níveis (BRASIL, 2010). Ocorre que muitos estados possuem legislações próprias sobre logística reversa, acordos setoriais

estaduais, sistemas de controle como MTRs locais e interpretações diversas sobre responsabilidades compartilhadas. Essa multiplicidade normativa, quando não integrada, gera sobreposição de obrigações, duplicidade de exigências e divergências procedimentais que comprometem a segurança jurídica. Estudos de Montañó (2017) e Jacobi & Besen (2011) evidenciam que a falta de coordenação federativa é uma das maiores barreiras à gestão eficiente de resíduos sólidos no país.

A insegurança jurídica também é agravada por lacunas e ambiguidades presentes em regulamentações federais prévias. Antes da consolidação trazida pelo Decreto nº 11.413/2023 e pelo Decreto nº 12.688/2025, havia divergências sobre o papel das entidades gestoras, critérios de comprovação de resultados, exigências de auditoria e parâmetros para certificação da reciclagem. Tais lacunas produziam incertezas sobre a validade jurídica de documentos e sobre a responsabilidade de fabricantes e importadores. Arranjos regulatórios incompletos ou ambíguos geram ineficiência e favorecem comportamentos oportunistas (STAVINS, 2019; PEARCE & TURNER, 1990), condição que impacta diretamente setores que dependem de comprovação documental rigorosa, como é o caso da logística reversa.

Outro elemento crítico refere-se à ausência, até recentemente, de um marco regulatório unificado para instrumentos econômicos ambientais ligados à reciclagem. A experiência internacional demonstra que a eficácia de mecanismos como créditos, certificados ou compensações depende de bases legais claras, instituições fiscalizadoras consolidadas e procedimentos padronizados de auditoria (ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010; OECD, 2016). No Brasil, o CCRLR surgiu inicialmente como instrumento regulado de forma fragmentada, o que gerou dúvidas sobre sua natureza jurídica, sua articulação com o sistema tributário e seu enquadramento enquanto obrigação ambiental. As incertezas, por vezes, afastaram empresas, criaram dúvidas sobre responsabilidade solidária e ampliaram riscos de judicialização, especialmente em casos relacionados a comprovação de metas.

A logística reversa brasileira opera em um campo regulatório particularmente complexo, permeado por princípios de responsabilidade compartilhada, mas também de responsabilidade legal objetiva, passivos ambientais e exigências administrativas que variam conforme o setor. Normas

ambientais criam deveres sem clareza suficiente, tendendo a ocorrer aumento de litigiosidade e insegurança na tomada de decisão (FIORILLO, 2018; MACHADO, 2019). No caso do CCRLR, dúvidas relacionadas à vinculação entre o crédito adquirido e o cumprimento de metas, à natureza jurídica do resultado certificado e à eventual responsabilização por falhas no lastro documental configuram potenciais fontes de insegurança.

A ausência de integração plena entre os sistemas digitais governamentais, embora em constante evolução, também constitui barreira regulatória que impacta a segurança jurídica. O SINIR, o MTR Nacional e sistemas estaduais historicamente apresentaram dificuldades de interoperabilidade, divergências na taxonomia de resíduos e inconsistências de dados. A governança digital enfatiza que a segurança jurídica depende de sistemas estáveis, auditáveis e interoperáveis, especialmente quando associados a instrumentos econômicos (KOUHIZADEH, ZHU & SARKIS, 2020; JANSSEN *et al.*, 2020). Quando há falhas na integração, incertezas surgem sobre a validade de registros, a comprovação de fluxos e o lastro de créditos.

Outro componente relevante das barreiras regulatórias diz respeito ao risco de judicialização. Relatórios do Conselho Nacional de Justiça (CNJ) indicam que o setor ambiental está entre os mais judicializados no país devido à ambiguidade normativa, à dificuldade de cumprimento de prazos administrativos e à multiplicidade de interpretações sobre responsabilidade civil e administrativa. No caso do CCRLR, a judicialização pode ocorrer em temas como obrigatoriedade de adesão, divergências sobre comprovação de metas, validade de documentos fiscais e responsabilidade solidária de participantes da cadeia. Os mercados ambientais sujeitos a alto risco de judicialização tendem a apresentar retração e baixa liquidez (BUMPUS & LIVERMAN, 2008).

Há desafios associados à ausência de padronização técnica entre os setores usuários do CCRLR. A diversidade de materiais recicláveis, processos de triagem e fluxos logísticos gera complexidade regulatória, exigindo critérios claros sobre o que constitui “reciclagem comprobatória”, produção de massa recuperada e rastreabilidade. A falta de padronização tende a gerar incertezas para auditores, empresas e gestores públicos, dificultando a consolidação do mecanismo. Experiências internacionais indicam que a padronização técnica é

fundamental para garantir comparabilidade, confiança e integridade em mercados de créditos ambientais (UNEP, 2021; GOLD STANDARD, 2021).

4.6.2 Limitações operacionais e assimetrias regionais

O Brasil apresenta profundas desigualdades territoriais em termos de infraestrutura de coleta seletiva, capacidade instalada de triagem e reciclagem, disponibilidade de operadores certificados e existência de mercados consumidores de materiais reciclados. Essas vulnerabilidades comprometem a eficiência da logística reversa, dificultam a formação de mercados equilibrados e produzem distribuição desigual dos benefícios associados ao CCRLR. Os sistemas nacionais de logística reversa exigem não apenas regulação clara, mas também condições materiais mínimas de operação que, no Brasil, variam drasticamente entre regiões (WILSON, VELIS & RODIC, 2013; GUERRERO, MAAS & HOGLAND, 2013).

Já o Norte e parte do Nordeste apresentam infraestrutura significativamente mais limitada, com baixa capilaridade de cooperativas organizadas, escassez de recicladores homologados e altos custos logísticos decorrentes da grande distância entre pontos de coleta e unidades de processamento. Diversos estudos confirmam que essas regiões possuem déficits históricos na oferta de serviços de manejo de resíduos, na disponibilidade de infraestrutura de reciclagem e na articulação de cadeias produtivas formais (IPEA, 2017; CEMPRE, 2022; MANCINI *et al.*, 2021).

Relatórios internacionais também destacam que regiões com baixa densidade populacional, distâncias logísticas extensas e limitada presença de indústrias recicladoras tendem a apresentar custos operacionais mais elevados e menor atratividade para instrumentos econômicos de reciclagem (World Bank, 2018; UN-HABITAT, 2010; MANCINI *et al.*, 2021). No contexto brasileiro, pesquisas demonstram que a menor presença de cooperativas estruturadas no Norte e no Nordeste limita o acesso dessas organizações a mercados formais, financiamento e certificações, criando desigualdades regionais persistentes (JACOBI & BESEN, 2011; DIAS, 2016).

Esse quadro cria desigualdades estruturais que impactam diretamente a operacionalização do CCRLR, já que operadores e cooperativas dessas regiões

têm mais dificuldade de acessar o mercado de créditos, tanto por limitações logísticas quanto por barreiras operacionais e informacionais. Este é um fenômeno consistente com análises de instrumentos econômicos aplicados em países de grande extensão territorial e heterogeneidade socioeconômica (OECD, 2016; WATKINS *et al.*, 2021).

Além da desigual distribuição de infraestrutura, outro desafio operacional refere-se à baixa eficiência dos sistemas municipais de coleta seletiva. Segundo a ABRELPE (2023), menos de 20% dos municípios brasileiros possuem programas estruturados de coleta seletiva, e, mesmo entre os que possuem, a cobertura não atinge a totalidade da população. Essa lacuna limita a disponibilidade de materiais recicláveis de qualidade, afeta a regularidade do fluxo de abastecimento às cooperativas e reduz a massa passível de emissão de créditos. Em sistemas de reciclagem, a baixa qualidade do material coletado aumenta custos de triagem e reduz a eficiência dos operadores (HOPEWELL, DVORAK & KOSIOR, 2009). Assim, regiões com coleta seletiva incipiente enfrentam barreiras adicionais para participação plena no CCRLR.

A informalidade também constitui importante limitação operacional e base de desigualdade. Regiões com menor apoio governamental ou menor presença de entidades gestoras têm mais dificuldade para integrar esses trabalhadores ao sistema formal e, portanto, geram menos créditos, aprofundando desigualdades territoriais.

Outro ponto crítico envolve os custos logísticos. Devido à extensão territorial do país e às diferenças de densidade populacional, regiões periféricas enfrentam custos muito mais elevados por tonelada de material reciclado transportado. As cadeias de reciclagem dependem fortemente de proximidade geográfica para reduzir custos operacionais e emissões associadas ao transporte (KORHONEN, HONKASALO & SEPPÄLÄ, 2018). No Brasil, em alguns casos, as barreiras logísticas limitam a competitividade de operadores localizados em regiões remotas, que precisam percorrer grandes distâncias para acessar unidades de beneficiamento ou mercados consumidores de recicláveis.

As assimetrias regionais também se manifestam na disponibilidade de tecnologia. Cooperativas e operadores de estados mais desenvolvidos tendem a dispor de prensas, esteiras, sistemas automatizados de triagem e equipamentos de rastreabilidade digital, enquanto regiões menos desenvolvidas

possuem infraestrutura mínima, muitas vezes dependente de doações ou editais públicos. A gestão de resíduos define que a profissionalização e automatização de processos são elementos essenciais para aumentar produtividade, qualidade do material e confiabilidade dos dados (CIMPAN *et al.*, 2015). Assim, regiões com menor capacidade tecnológica enfrentam desvantagens estruturais que limitam sua participação no CCRLR.

A disponibilidade e qualificação da mão de obra são outros desafios. Pesquisas de Besen & Ribeiro (2007) e Siqueira & Moraes (2018) mostram que regiões periféricas têm menor acesso a programas de capacitação, menor presença de entidades de apoio e menor nível de escolaridade média entre os catadores. Isso compromete a qualidade da triagem, dificulta o cumprimento das exigências documentais do CCRLR e reduz a capacidade de gestão das cooperativas. A ausência de apoio técnico, jurídico e contábil agrava essas limitações, ampliando a distância entre regiões com maior maturidade institucional e aquelas com menor suporte organizacional.

Além das questões estruturais, há também assimetrias relacionadas ao mercado consumidor de materiais reciclados. A demanda por plástico, papel, vidro ou metais reciclados é mais intensa em regiões onde há indústria transformadora, como os estados do Sudeste e Sul. Regiões distantes de polos industriais têm maior dificuldade em comercializar materiais reciclados, enfrentam preços mais baixos e sofrem com volatilidade de mercado. Estudos de Geyer, Jambeck & Law (2017) e Gaustad *et al.* (2018) destacam que a existência de mercados robustos é fundamental para sustentar operações de reciclagem e garantir remuneração adequada.

Essas limitações operacionais e assimetrias regionais resultam em desigual distribuição dos benefícios derivados do CCRLR. Regiões mais estruturadas tendem a emitir mais créditos, atrair mais investimentos e consolidar cadeias produtivas circulares, enquanto regiões menos estruturadas correm o risco de aprofundar desigualdades socioambientais. As políticas ambientais mal desenhadas podem reproduzir desigualdades territoriais, favorecendo regiões com maior capacidade instalada e penalizando aquelas historicamente negligenciadas (ACSELRAD, 2010; BULLARD & WRIGHT, 2012).

4.6.3 Obstáculos financeiros e precificação dos créditos

Como em outros mercados ambientais, a precificação dos créditos constitui elemento central para atrair investimentos, promover competitividade entre operadores e garantir que as externalidades ambientais sejam devidamente internalizadas. A eficácia desses mecanismos depende de estruturas de mercado eficientes, informação transparente e mecanismos de precificação capazes de refletir custos reais de operação e benefícios ambientais gerados (STAVINS, 2019; PEARCE & TURNER, 1990; OECD, 2016).

Um dos principais obstáculos financeiros enfrentados pelo CCRLR envolve a ausência de histórico consistente de preços e de um mercado secundário consolidado. Em seus estágios iniciais, instrumentos ambientais baseados em créditos tendem a apresentar forte volatilidade, baixa liquidez e incerteza em relação à demanda, fatores que elevam o risco percebido por investidores e empresas (ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010; BUMPUS & LIVERMAN, 2008). No caso do CCRLR, a demanda por créditos depende do cumprimento de metas de logística reversa estabelecidas por legislação federal e, potencialmente, por metas setoriais específicas. Entretanto, enquanto tais parâmetros não estão plenamente estabilizados ou internalizados pelas empresas, ocorre hesitação quanto à disposição de pagar por créditos, gerando descompasso entre oferta e demanda.

Outro desafio diz respeito à heterogeneidade dos custos operacionais da reciclagem no Brasil. Como demonstrado por estudos da ABRELPE (2023) e do IPEA (2022), os custos de coleta, triagem, transporte e reciclagem variam significativamente entre regiões, tipos de cooperativas e materiais. Essa heterogeneidade dificulta a definição de preços médios ou referências claras para negociação dos créditos. No mercado de carbono, mecanismos como preços-piso e limites regulatórios ajudam a estabilizar o valor dos certificados (PIZER, 2002; HEPBURN *et al.*, 2020). No CCRLR, porém, ainda não há instrumentos similares, o que permite que o preço dos créditos flutue de maneira desconectada dos custos reais de reciclagem.

A formação de preços também é afetada pela estrutura desigual de poder econômico na cadeia de reciclagem de resíduos sólidos urbanos. Cooperativas e pequenos operadores, responsáveis por grande parte da massa reciclada,

frequentemente possuem pouca capacidade de negociação e dependem de preços impostos por intermediários ou pelo reciclador final. Mercados ambientais com forte assimetria de poder tendem a remunerar de forma inadequada os elos mais vulneráveis, reproduzindo desigualdades socioeconômicas (GAIGER, 2019; MEDINA, 2008). Assim, sem mecanismos específicos de proteção ou valorização, o CCRLR corre o risco de consolidar uma precificação que privilegie grandes operadores, em detrimento das cooperativas.

A dependência de preços internacionais de materiais reciclados representa outro obstáculo significativo. Flutuações globais no valor de commodities recicladas, como plástico PET, alumínio ou papel, impactam diretamente a receita dos operadores e, por consequência, sua disposição a participar do CCRLR. Estudos de Geyer, Jambeck e Law (2017) mostram que o mercado global de plásticos reciclados, em particular, é altamente sensível a variações na produção de plástico virgem, nos custos de energia e em políticas internacionais, como as restrições chinesas à importação de resíduos. Quando esses mercados sofrem desvalorização, operadores passam a enfrentar maior dificuldade financeira, o que pode reduzir a oferta de créditos ou elevar seu custo marginal.

A precificação do CCRLR enfrenta desafios relacionados à falta de mecanismos claros de transparência e padronização. Sem parâmetros oficiais de custo ou sistemas de divulgação pública de preços, o mercado tende a operar em condições de opacidade, dificultando a tomada de decisão racional por parte das empresas. A assimetria de informação prejudica a formação de preços justos e cria espaço para práticas especulativas (STIGLITZ, 2000; AKERLOF, 1970). A ausência de dados comparáveis sobre custos e valores negociados de créditos compromete a previsibilidade e a segurança financeira do mecanismo.

Outro obstáculo financeiro envolve o acesso limitado a crédito e financiamento para operadores e cooperativas. A criação de capacidade instalada em unidades de triagem e reciclagem exige investimentos significativos em equipamentos, tecnologia e infraestrutura, que muitos operadores não conseguem realizar devido a restrições de capital (CIMPAN *et al.*, 2015; GUTBERLET, 2018). Mesmo com potencial receita futura proveniente da venda de créditos, a incapacidade de acessar financiamentos impede operadores de expandir sua produção, reduzindo o volume total de créditos no mercado.

O risco financeiro associado à auditoria e à verificação dos resultados também afeta a precificação. A execução de auditorias independentes, obrigatórias para a validação dos créditos, tem custos que podem ser elevados para pequenos operadores. Estudos de Darnall, Seol e Sarkis (2009) demonstram que auditorias ambientais podem representar barreiras de entrada em mercados regulados, especialmente quando não há subsídios ou escalas mínimas de operação. No contexto do CCRLR, operadores menores podem ser desestimulados a participar devido ao alto custo relativo da auditoria, reduzindo a diversidade de agentes no mercado e afetando a formação de preços.

A insegurança jurídica também influencia diretamente o valor dos créditos. Como argumentam Lyon e Montgomery (2015), mercados ambientais sujeitos a risco regulatório elevado apresentam menor propensão a investimentos e maior volatilidade. Quando há dúvidas sobre a validade de documentos fiscais, critérios de comprovação ou responsabilidades legais, empresas tendem a reduzir sua disposição de comprar créditos ou a exigir descontos para compensar o risco percebido, pressionando o valor dos créditos para baixo.

O CCRLR enfrenta o desafio de se posicionar como instrumento competitivo em comparação a outras formas de cumprimento de metas de logística reversa. Se empresas considerarem alternativas menos custosas — seja por meio de acordos setoriais, investimentos próprios ou substituição de materiais, a demanda pelo CCRLR pode não se consolidar, produzindo subprecificação crônica. Para evitar esse cenário, é fundamental que o mercado seja regulado de forma a garantir que o CCRLR represente uma alternativa legítima e economicamente competitiva, alinhada às melhores práticas internacionais (OECD, 2016; ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010).

Os desafios e barreiras analisados estão descritos no Quadro 6.

Quadro 6: Desafios e barreiras para a expansão do uso do certificado de crédito de reciclagem no Brasil

Tema	Descrição	Citação
Desigualdades regionais e insuficiência de infraestrutura	O Brasil apresenta fortes assimetrias territoriais na coleta seletiva, presença de cooperativas estruturadas e acesso a plataformas digitais. Enquanto regiões metropolitanas possuem sistemas mais avançados, muitos municípios de pequeno porte e da Amazônia Legal carecem de infraestrutura para gerar créditos rastreáveis, dificultando a inclusão de cooperativas locais e a regionalização da compensação ambiental.	Brasil (2023); Abrema (2023); Jacobi & Besen (2011); Gutberlet (2016); Fernandez, (2012).
Dificuldades de formalização e qualificação técnica das cooperativas	A informalidade e a baixa capacidade de gestão de muitas cooperativas de catadores limitam sua participação no CCRLR. Faltam capacitação técnica, acesso a tecnologia, emissão de notas fiscais e condições de habilitação junto ao MTR Nacional. Esse cenário abre espaço para atravessadores e restringe a autonomia econômica das cooperativas, reduzindo o impacto social do sistema.	ICS (2022); Fernandez (2012); Dagnino (2010); Siqueira & Wolowski (2023).
Fragilidade normativa e lacunas de regulamentação setorial	O Decreto nº 11.413/2023 avançou na regulação da logística reversa, mas persistem lacunas normativas, como a ausência de diretrizes específicas para setores sensíveis (eletroeletrônicos, medicamentos, lubrificantes,	Brasil (2023); OECD (2022); Streit, Guarnieri & Farias (2022).

Tema	Descrição	Citação
	agrotóxicos), falta de critérios claros para auditorias presenciais e riscos de dupla contagem de créditos. Essas fragilidades comprometem a segurança jurídica e dificultam investimentos empresariais de longo prazo.	
Baixa transparência nos valores dos certificados	A inexistência de um mercado estruturado e transparente gera preços arbitrários e opacos para os créditos de reciclagem. Não há mecanismos públicos de consulta de preços, parâmetros objetivos de precificação por tipo de resíduo ou ferramentas de negociação aberta (como leilões eletrônicos). Essa assimetria afeta especialmente pequenas empresas e cooperativas, que possuem baixo poder de barganha.	CNI (2025); Brasil (2024); Roherich (2022); OECD (2022); Motta, Sayago (2022).
Ausência de incentivos fiscais e financeiros	O CCRLR ainda carece de incentivos econômicos para além da obrigatoriedade legal. Diferente dos créditos de carbono, não há isenção tributária, dedutibilidade em obrigações acessórias ou uso como critério em licitações públicas e financiamentos sustentáveis. Isso limita o potencial de atração de capital privado e reduz o engajamento voluntário de empresas que desejam superar metas regulatórias.	Brasil (2023); Sachs (2009); Barbieri & Cajazeira (2009); Dias (2024).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.7. Propostas de Estratégias para Aumentar a Adoção do Certificado de Crédito de Reciclagem no Brasil

Para que o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa (CCRLR) atinja todo o seu potencial como instrumento de sustentabilidade ambiental, inclusão social e inovação econômica, é indispensável a formulação de estratégias integradas que promovam sua expansão, tornem sua aplicação mais acessível e fortaleçam sua credibilidade e eficiência. As estratégias devem considerar a pluralidade dos agentes envolvidos e as desigualdades estruturais do país, garantindo uma governança ambiental multissetorial, descentralizada e inclusiva.

A efetividade de certificações baseadas em resultados dos instrumentos econômicos ambientais depende de condições institucionais robustas, de mercados transparentes e de mecanismos adequados de coordenação e fiscalização (STAVINS, 2019; OECD, 2016; PEARCE & TURNER, 1990).

A ampliação do uso do CCRLR requer ações coordenadas em múltiplas frentes, capazes de fortalecer o instrumento sob as dimensões econômica, institucional, social e tecnológica. A seguir seguem propostas de estratégias para aumentar a adesão ao certificado de crédito de reciclagem, promovendo práticas de economia circular e contribuindo para o cumprimento dos critérios de sustentabilidade estabelecidos nas diretrizes de ESG:

a) Aperfeiçoamento da integração digital entre os sistemas governamentais envolvidos na logística reversa.

Uma das propostas mais relevantes diz respeito ao aperfeiçoamento da integração digital entre os sistemas governamentais envolvidos na logística reversa. Políticas ambientais baseadas em dados dependem de sistemas interoperáveis, auditáveis e padronizados, capazes de reduzir assimetrias informacionais e aumentar a confiança dos agentes (JANSSEN *et al.*, 2020; KOUHIZADEH, ZHU & SARKIS, 2020). No caso brasileiro, a integração plena entre SINIR, MTR Nacional, notas fiscais eletrônicas e sistemas estaduais de controle permitiria automatizar verificações, reduzir inconsistências e acelerar a emissão de créditos. A adoção de tecnologias como *blockchain*, *big data* e

inteligência artificial pode aumentar ainda mais a rastreabilidade e a confiabilidade dos fluxos documentais.

b) Padronização técnica entre setores e materiais.

Outra proposta relevante para ampliar o uso do CCRLR envolve a necessidade de padronização técnica entre setores e materiais. A ausência de padrões claros sobre o que constitui massa recuperada, processos de triagem válidos ou critérios mínimos para auditoria dificulta a comparabilidade e desestimula a participação dos operadores. Experiências internacionais com sistemas de EPR demonstram que a padronização técnica contribui para aumentar a adesão de empresas e reduz custos regulatórios (OECD, 2016; WATKINS *et al.*, 2017). No Brasil, a criação de guias técnicos específicos para plásticos, vidro, papel, metais e eletroeletrônicos facilitaria a expansão do CCRLR, garantindo maior previsibilidade jurídica e operacional.

c) Políticas de incentivo financeiro para cooperativas de catadores e pequenos operadores

A ampliação do uso do CCRLR também depende de políticas de incentivo financeiro que reduzam barreiras de entrada, especialmente para cooperativas de catadores e pequenos operadores. Estudos de Medina (2008) e Gutberlet (2018) mostram que a inclusão produtiva de catadores é essencial para o fortalecimento das cadeias de reciclagem e para a redução da desigualdade socioambiental. Subsídios para aquisição de equipamentos, linhas de crédito específicas, programas de capacitação técnica e incentivos fiscais podem estimular a participação de organizações localizadas em regiões com infraestrutura limitada, promovendo maior diversidade de agentes e ampliando a oferta de créditos.

d) Criação de mecanismos que aumentem a demanda pelos créditos.

A criação de mecanismos que aumentem a demanda pelos créditos, tornando o CCRLR economicamente atrativo para as empresas é outra proposta a ser considerada. Estratégias como a definição de metas progressivas de reciclagem, penalidades para não cumprimento e reconhecimento do CCRLR em políticas de compras públicas sustentáveis podem ampliar o interesse do

setor privado. Os instrumentos econômicos demonstram que metas claras e escalonadas são fundamentais para criar mercados estáveis e previsíveis (ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010; HEPBURN *et al.*, 2020). Estabelecer metas mais ambiciosas para setores intensivos em embalagens, como alimentos, bebidas, higiene e limpeza, pode gerar demanda contínua e fortalecer o mercado de créditos.

e) Programas de certificação voluntária e rotulagem ambiental

Também podem ampliar o uso do CCRLR ao associar o instrumento a estratégias de diferenciação de mercado. Consumidores e investidores valorizam produtos e empresas com compromissos verificáveis de sustentabilidade (ECCLES, IOANNOU & SERAFEIM, 2014; LYON & MONTGOMERY, 2015). A criação de selos que reconheçam empresas que utilizam o CCRLR de forma consistente poderia reforçar sua legitimidade, aumentar a visibilidade pública e incentivar empresas a adotá-lo como estratégia ESG.

f) Criação de plataformas cooperativas entre indústrias, recicladores, entidades gestoras e cooperativas

A ampliação do uso do CCRLR também exige maior articulação intersetorial. A criação de plataformas cooperativas entre indústrias, recicladores, entidades gestoras e cooperativas pode promover coordenação, reduzir custos e aumentar a eficiência logística. Os arranjos multissetoriais tendem a produzir melhores resultados em políticas ambientais complexas (ANSELL & GASH, 2007; YOUNG, 2017). Portanto, fomentar redes regionais de logística reversa, com participação de governos locais, universidades, setor privado e sociedade civil, pode acelerar a expansão do instrumento.

g) Promoção de campanhas de conscientização e capacitação sobre o CCRLR

A promoção de campanhas de conscientização e capacitação sobre o CCRLR, destinadas a empresas, cooperativas e operadores é outra proposta relevante. Muitos agentes ainda desconhecem o funcionamento do instrumento ou têm dificuldades de compreender suas exigências documentais e benefícios

econômicos. Programas educativos podem reduzir barreiras informacionais e estimular maior adesão. Estudos de Campos & Corazza (2017) mostram que a disseminação de conhecimento técnico e regulatório é essencial para o fortalecimento da economia circular.

h) Melhoria da infraestrutura logística e tecnológica em regiões menos desenvolvidas

A ampliação do uso do CCRLR também passa pela melhoria da infraestrutura logística e tecnológica em regiões menos desenvolvidas. A criação de hubs regionais de reciclagem, a promoção de parcerias público-privadas para instalação de galpões de triagem e a expansão da coleta seletiva municipal podem aumentar significativamente o volume de material disponível para emissão de créditos. Experiências internacionais demonstram que investimentos estruturais são decisivos para romper desigualdades regionais e fortalecer a economia circular (KIRCHHERR, REIKE & HEKKERT, 2017; WILSON, VELIS & RODIC, 2013).

f) Criação de mecanismos de auditoria mais robustos, protocolos claros de verificação e plataformas de transparência pública

A ampliação do CCRLR depende da garantia de integridade ambiental e governança rigorosa. Mecanismos de auditoria mais robustos, protocolos claros de verificação e plataformas de transparência pública são essenciais para evitar fraudes, *greenwashing* e emissão indevida de créditos. A credibilidade é o principal fator de sucesso desses instrumentos sobre mercados ambientais (GOLD STANDARD, 2021; LYON & MONTGOMERY, 2015). Assim, fortalecer governança e mecanismos de controle é condição indispensável para aumentar a adesão empresarial e consolidar o CCRLR como instrumento confiável.

4.8 Incentivos fiscais e financeiros

Os instrumentos econômicos ambientais demonstram que incentivos financeiros bem estruturados exercem papel central na transição para modelos produtivos sustentáveis, especialmente em setores com baixa capitalização e

alta heterogeneidade tecnológica, como o de resíduos sólidos (STAVINS, 2019; OECD, 2016). Assim, uma política robusta de incentivos fiscais e financeiros pode funcionar como catalisador para o fortalecimento do CCRLR, elevando sua adesão, sua eficácia e seu impacto socioambiental.

Um dos principais desafios enfrentados pelas cooperativas de catadores e pequenos operadores é a limitação de acesso a capital de giro e crédito para aquisição de equipamentos, modernização de infraestrutura e melhoria dos processos de triagem e beneficiamento. Estudos de Medina (2008) e Gutberlet (2018) evidenciam que a falta de investimento inicial constitui uma das maiores barreiras ao desenvolvimento de cadeias de reciclagem inclusivas, capazes de gerar trabalho decente e valor ambiental. Programas específicos de financiamento, com taxas reduzidas e prazos estendidos, poderiam permitir que cooperativas adquirissem prensas, esteiras, empilhadeiras, balanças digitais e sistemas de rastreabilidade, equipamentos fundamentais para garantir qualidade operacional mínima e viabilizar a emissão do CCRLR.

Além do crédito produtivo, incentivos fiscais também desempenham papel estratégico. Em diversos países, políticas de economia circular incluem mecanismos como isenção ou redução de impostos para aquisição de máquinas de reciclagem, desoneração tributária para insumos reciclados, créditos presumidos ou diferenciação de alíquotas conforme o conteúdo reciclado dos produtos (EUROPEAN COMMISSION, 2020; WATKINS *et al.*, 2017). Tais estratégias não apenas reduzem custos operacionais, como também estimulam a formação de mercados para materiais reciclados, ampliando a demanda por crédito de reciclagem. No Brasil, uma política de desoneração integrada ao CCRLR poderia incluir incentivos nos tributos federais, estaduais e municipais para empresas que comprovem aquisição de créditos lastreados em reciclagem efetiva, fortalecendo o elo entre o mecanismo e o setor produtivo.

Outra modalidade de incentivo consiste na criação de fundos públicos ou híbridos dedicados ao desenvolvimento da infraestrutura de reciclagem. Modelos semelhantes existem em programas internacionais de EPR, nos quais fundos setoriais financiam ações estruturantes, como instalação de centrais de triagem ou modernização de cooperativas (OECD, 2016). Estudos de Kirchherr, Reike e Hekkert (2017) demonstram que a transição para a economia circular depende de investimentos significativos em inovação e infraestrutura, investimentos que

difícilmente ocorrem sem a presença de instrumentos de financiamento específicos. No contexto do CCRLR, fundos dos produtores de embalagens direcionados poderiam apoiar estados ou regiões com menor capacidade instalada, reduzindo assimetrias territoriais e ampliando a inclusão produtiva.

Incentivos financeiros também podem assumir a forma de remuneração adicional para materiais de difícil triagem ou baixo valor de mercado. Os mercados ambientais apontam que subsídios direcionados permitem corrigir falhas de mercado, especialmente em setores onde os custos de reciclagem superam os benefícios privados, mas geram benefícios ambientais substanciais (PEARCE & TURNER, 1990; GAUSTAD et al., 2018). No caso do Brasil, materiais como plásticos flexíveis, vidro misto, resíduos ou embalagens multicamadas apresentam baixos índices de reciclagem devido à baixa demanda e à dificuldade técnica de processamento. Incentivos diferenciados poderiam viabilizar economicamente sua triagem e reciclagem, aumentando o volume total de créditos disponíveis no mercado.

Outro incentivo relevante consiste no fomento à inovação tecnológica. A adoção de tecnologias de triagem automatizada, inteligência artificial, *blockchain* e plataformas digitais de rastreabilidade exige investimentos elevados, especialmente para cooperativas e pequenas empresas. Estudos de Cimpan *et al.* (2015) e Kouhizadeh, Zhu e Sarkis (2020) demonstram que a inovação tecnológica desempenha papel fundamental no aumento da eficiência e confiabilidade das cadeias de reciclagem. Incentivos financeiros específicos, como linhas de crédito para tecnologia limpa, subsídios para digitalização ou editais de inovação, poderiam acelerar a modernização do setor e aumentar a precisão dos dados que sustentam o CCRLR.

Incentivos fiscais também podem ser direcionados ao estímulo da demanda empresarial pelos créditos. Uma proposta é o reconhecimento do CCRLR como despesa dedutível ou incentivada em programas de conformidade ambiental, similar ao que ocorre com certificados de energia renovável ou créditos de carbono em alguns países (HEPBURN *et al.*, 2020). Outra possibilidade é vincular o uso do CCRLR a políticas de compras públicas sustentáveis, ampliando sua legitimidade e exigindo sua utilização em contratos públicos com impacto ambiental relevante. Tais medidas aumentariam a demanda por créditos e fortaleceriam sua precificação.

A criação de mecanismos de coinvestimento público-privado também pode estimular a expansão do CCRLR. Modelos híbridos de financiamento, nos quais empresas que adquirem créditos investem paralelamente em projetos de fortalecimento de cooperativas, têm sido destacados como formas eficazes de alinhar incentivos e reduzir desigualdades (ANSELL & GASH, 2007; YOUNG, 2017). A partir dessa lógica, empresas poderiam, por exemplo, canalizar parte dos recursos destinados à compra de CCRLR para projetos de infraestrutura ou capacitação, ampliando a capacidade de geração de créditos e fortalecendo o mercado.

Os incentivos fiscais e financeiros devem ser acompanhados de governança sólida e de mecanismos de transparência para evitar dependência excessiva, captura regulatória ou uso indevido de recursos públicos. Estudos de Lyon e Montgomery (2015) e Bumpus e Liverman (2008) enfatizam que incentivos mal desenhados podem gerar distorções, práticas oportunistas ou *greenwashing*. Nesse sentido, qualquer política de incentivo associada ao CCRLR deve ser acompanhada de auditoria, monitoramento contínuo e critérios técnicos claros para elegibilidade.

4.9 Fortalecimento das cooperativas e digitalização

A expansão do uso do CCRLR depende fortemente da capacidade operacional, organizacional e tecnológica das cooperativas de catadores, responsáveis por uma parcela significativa da recuperação de materiais recicláveis no Brasil. O fortalecimento dessas organizações e sua integração à economia digital constituem diretrizes estratégicas centrais para garantir que o CCRLR seja não apenas um instrumento ambiental eficaz, mas também uma ferramenta de inclusão socioeconômica e redução das desigualdades estruturais que caracterizam o setor de resíduos sólidos. A economia circular não se desenvolve plenamente sem cadeias de reciclagem eficientes, tecnologicamente atualizadas e socialmente inclusivas (WILSON, VELIS & RODIC, 2013; GHISELLINI, CIALANI & ULGIATI, 2016).

As cooperativas enfrentam desafios estruturais como infraestrutura precária, baixa capitalização, dificuldade de acesso a equipamentos, fragilidade

administrativa e limitações na rastreabilidade documental, fatores que dificultam sua integração plena ao CCRLR.

O fortalecimento das cooperativas envolve múltiplas dimensões. A primeira refere-se à estrutura física e tecnológica. Pesquisas de Gutberlet (2018) mostram que muitas cooperativas operam com equipamentos obsoletos ou insuficientes, o que reduz eficiência operacional e a capacidade de produzir materiais de qualidade compatível com as exigências do mercado. Investimentos em prensas hidráulicas, esteiras automatizadas, balanças digitais, sistemas de ventilação, empilhadeiras e galpões adequados podem elevar significativamente a produtividade e a segurança no trabalho. Os equipamentos de medição e pesagem com certificação aumentam a confiabilidade dos dados utilizados na emissão de créditos.

Outro componente essencial é a capacitação técnica e gerencial. Estudos de Siqueira e Moraes (2018) e Besen e Ribeiro (2007) apontam que a profissionalização das cooperativas, incluindo formação em gestão administrativa, contábil, logística e qualidade, é fundamental para sua sustentabilidade. Cooperativas fortalecidas tendem a estabelecer relações comerciais mais estáveis, acessar mercados formais e aumentar sua competitividade. A capacitação contribui para o cumprimento dos requisitos de documentação e auditoria exigidos pelo CCRLR, reduzindo inconsistências e evitando a exclusão de organizações por falta de conformidade.

A digitalização emerge como dimensão indispensável do fortalecimento das cooperativas no contexto contemporâneo. O CCRLR depende de rastreabilidade rigorosa fundamentada em notas fiscais eletrônicas, registros de massa e dados integrados ao SINIR e MTR Nacional. A digitalização amplia a qualidade das informações, reduz riscos de fraude, aumenta a eficiência operacional e promove inclusão tecnológica (KOUHIZADEH, ZHU & SARKIS, 2020; JANSSEN *et al.*, 2020). Para que as cooperativas usufruam plenamente dos benefícios do CCRLR, é necessário acesso a sistemas informatizados, internet de qualidade, capacitação para uso de plataformas digitais e suporte técnico contínuo.

A adoção de tecnologias emergentes tem potencial transformador. Ferramentas como aplicativos de registro de pesagem, sistemas de gestão de resíduos, plataformas *blockchain* e inteligência artificial para organização de

rotinas operacionais já vêm sendo aplicadas em experiências piloto no Brasil e no exterior (ZHU, SARKIS & LAI, 2020; CIMPAN *et al.*, 2015). Essas tecnologias podem fornecer rastreabilidade instantânea, reduzir erros manuais, permitir auditoria em tempo real e aumentar a confiabilidade dos dados usados na emissão dos créditos.

Além de modernizar processos, a digitalização fortalece a transparência e a governança das cooperativas. A responsabilidade reforça que sistemas digitais reduzem assimetrias de informações, fortalecem a confiança entre cooperativas, empresas e entidades gestoras e ampliam a possibilidade de acessar mercados e financiadores (ANSELL & GASH, 2007; LYON & MONTGOMERY, 2015). A incorporação de plataformas digitais de gestão financeira, controle de estoque e comunicação com parceiros comerciais permite que cooperativas se posicionem de forma mais competitiva e integrada às exigências da economia circular.

Outro aspecto fundamental envolve a inclusão digital e o combate às desigualdades tecnológicas regionais. Cooperativas situadas em áreas periféricas, rurais ou em regiões com infraestrutura tecnológica precária correm maior risco de exclusão do CCRLR devido à dificuldade de cumprir as exigências tecnológicas do sistema. Estudos de Wilson, Velis e Rodic (2013) e Guerrero, Maas e Hogland (2013) mostram que a exclusão digital agrava desigualdades regionais e compromete a eficácia de políticas ambientais. Políticas públicas e privadas devem promover acesso à internet, equipamentos e suporte técnico, além de programas de alfabetização digital direcionada.

A inclusão produtiva dos catadores também deve ser fortalecida mediante programas de formalização, saúde e segurança no trabalho e garantia de direitos trabalhistas. A transição para sistemas mais formais e digitalizados deve ser acompanhada de mecanismos que protejam trabalhadores vulneráveis e evitem sua substituição por tecnologias ou operadores de maior porte (BULLARD & WRIGHT, 2012; ACSELRAD, 2010). Assim, o fortalecimento das cooperativas deve ser guiado por princípios de equidade, participação e reconhecimento do protagonismo dos catadores.

A estruturação de redes cooperativas regionais é outra proposta relevante. A integração entre cooperativas por meio de centrais de comercialização, consórcios intermunicipais ou redes colaborativas aumenta a

escala de venda, melhora o poder de negociação e permite compartilhamento de tecnologia, reduzindo custos fixos e ampliando a eficiência (GUTBERLET, 2018; DIAS, 2016). As operações em rede são fundamentais para superar limitações de infraestrutura e ampliar a participação de cooperativas em sistemas complexos de logística reversa (ANSELL & GASH, 2007).

4.10 Plataforma pública e mercado transparente de créditos

A criação de uma plataforma pública e de um mercado transparente de créditos constitui um elemento central para a consolidação e expansão do CCRLR no Brasil. Os instrumentos econômicos ambientais evidenciam que mercados de títulos ambientais, como créditos de carbono, certificados de energia renovável e pagamentos por serviços ecossistêmicos, dependem de mecanismos transparentes de negociação, rastreabilidade rigorosa e ampla divulgação de preços e volumes para garantir integridade, eficiência e confiança entre os agentes (ELLERMAN, CONVERY & DE PERTHUIS, 2010; GOLD STANDARD FOUNDATION, 2021; STAVINS, 2019). Sem essas condições, mercados ambientais tendem a operar com baixa liquidez, altos níveis de assimetria de informação, riscos de manipulação e baixa atratividade para empresas e investidores.

No caso do CCRLR, a ausência inicial de uma plataforma pública unificada e de um mercado secundário estruturado dificulta a formação de preços, restringe o acesso de pequenos operadores, limita a capacidade de auditoria social e reduz a previsibilidade necessária para que empresas incorporem o instrumento em suas estratégias de *compliance*, ESG e economia circular. Por isso, a criação de uma plataforma governamental ou público-privada, com governança robusta e abertura de dados, representa um passo decisivo para transformar o CCRLR em um mecanismo maduro e amplamente reconhecido.

Os mercados transparentes necessitam de três elementos fundamentais: informação completa, mecanismos de governança e acessibilidade. O primeiro elemento, relacionado à divulgação pública de dados, inclui a disponibilização dos preços praticados, volumes negociados, créditos disponíveis por material, localização dos operadores, auditorias realizadas e eventuais inconsistências

detectadas. Estudos como os de Stiglitz (2000) e Akerlof (1970) demonstram que a assimetria de informação reduz eficiência econômica, aumenta o risco de fraude e distorce a formação de preços. No contexto do CCRLR, a transparência contribuiria para reduzir práticas oportunistas, fortalecer a confiança dos compradores e garantir condições mais equitativas para cooperativas e operadores.

O segundo elemento, a governança do mercado, exige o estabelecimento de regras claras sobre negociação, certificação, auditoria e responsabilidade dos agentes. Experiências internacionais com mercados regulados mostram que plataformas centralizadas, com auditorias independentes e sistemas de verificação automatizada, aumentam substancialmente a credibilidade e a integridade dos créditos negociados (OECD, 2016; EUROPEAN COMMISSION, 2020). Um modelo semelhante ao dos mercados europeus de emissões (EU ETS), caracterizado por alta transparência e sistemas de monitoramento digital, poderia inspirar o desenho institucional da plataforma brasileira, adaptando-o às especificidades da logística reversa e do sistema de notas fiscais.

O terceiro elemento, acessibilidade, é essencial para garantir a inclusão de pequenos operadores e cooperativas. Plataformas excessivamente complexas, com custos de transação elevados ou requisitos tecnológicos sofisticados, tendem a excluir agentes vulneráveis, ampliando desigualdades regionais e limitando a diversidade do mercado. Estudos de Gutberlet (2018) e Dias (2016) mostram que a inclusão produtiva de catadores depende de soluções tecnológicas simples, treinamento contínuo e suporte operacional. Assim, a plataforma deve oferecer interface intuitiva, suporte técnico, integração com aplicativos móveis e ferramentas de apoio para emissão de notas fiscais, registro de pesagem e acompanhamento das auditorias.

Além da rastreabilidade, uma plataforma pública poderia ampliar a transparência socioambiental ao disponibilizar dados agregados sobre impacto social, participação de cooperativas, taxas de inclusão produtiva e distribuição regional dos créditos. Essa informação é essencial para monitorar o cumprimento dos princípios da PNRS, especialmente a responsabilidade compartilhada e a inclusão dos catadores. Pesquisas de Bullard & Wright (2012) e Acsehrad (2010) mostram que a democratização do acesso à informação é

componente essencial de políticas ambientalmente justas e socialmente inclusivas.

Do ponto de vista econômico, uma plataforma pública com divulgação de preços e volumes negociados tende a melhorar a eficiência do mercado. Os *commodities* recicláveis demonstram que mercados mais transparentes reduzem volatilidade, permitem maior previsibilidade na formação de preços e possibilitam contratos de longo prazo entre geradores, operadores e recicladores (GAUSTAD *et al.*, 2018; GEYER, JAMBECK & LAW, 2017). Para o CCRLR, a transparência pode consolidar expectativas mais estáveis entre compradores, o que é crucial para empresas que utilizam créditos como parte de seu planejamento anual de cumprimento de metas.

Outro benefício relevante de uma plataforma transparente é a capacidade de atrair investidores institucionais. Empresas com metas robustas de ESG e fundos de investimento voltados à sustentabilidade tendem a privilegiar instrumentos com dados confiáveis, governança clara e auditoria independente (ECCLES, IOANNOU & SERAFEIM, 2014). A criação de um mercado estruturado aumentaria a legitimidade do CCRLR e poderia atrair novos atores financeiros, ampliando a liquidez e dinamizando a precificação dos créditos.

Adicionalmente, uma plataforma pública pode estimular a concorrência entre operadores, cooperativas e recicladores, elevando padrões ambientais e reduzindo custos operacionais. A divulgação de *benchmarking* e indicadores de desempenho tende a promover ajustes competitivos virtuosos, aumentando eficiência e inovação (GEREFFI, HUMPHREY & STURGEON, 2005; KIRCHHERR, REIKE & HEKKERT, 2017).

4.11 Frentes estratégicas para a implementação do CCLR.

A seguir, propõem-se sete frentes estratégicas:

7.11.1 Fortalecimento da infraestrutura e da capacidade técnica das cooperativas

Um dos principais gargalos para a emissão de CCRLR está na baixa capacidade operacional das cooperativas de catadores, que muitas vezes

carecem de estrutura mínima para participar do sistema. Para superar essa barreira, é necessário:

- a) Implementar programas federais, estaduais e municipais de fomento direto à infraestrutura física (galpões, balanças, prensas, caminhões);
- b) Estabelecer parceria técnica e jurídica contínua, com foco em gestão, emissão de notas fiscais, operação de plataformas digitais (MTR, SINIR, e-social etc.);
- c) Promover parcerias público-privadas para modernização da cadeia de reciclagem com foco em tecnologia, rastreabilidade e gestão participativa;
- d) Criar editais de apoio financeiro direto para cooperativas que emitem CCRLR com rastreabilidade, por meio de fundos ambientais, recursos do Fundo de Participação dos Municípios (FPM) Verde, Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação ou fundos setoriais.

7.11.2 Incentivos fiscais e financeiros para empresas que compram CCRLR

Para que a demanda pelos certificados aumente de forma sustentada, é fundamental a criação de mecanismos de incentivo fiscal e financeiro, que ampliem o apelo econômico do CCRLR:

- a) Permitir a dedução parcial do valor investido em créditos de reciclagem no Imposto de Renda da Pessoa Jurídica (IRPJ)/ Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) ou como abatimento no cálculo de compensações ambientais;
- b) Incluir o CCRLR como critérios em licitações sustentáveis, compras públicas verdes e sistemas de pontuação de ESG público-privado;
- c) Estimular a vinculação de financiamentos bancários, fundos de investimento e linhas de crédito verde à aquisição de certificados de reciclagem com comprovação social;
- d) Incluir os créditos como ativos verdes reconhecidos por bancos de desenvolvimento (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID, Corporação Andina de Fomento - CAF etc.).

7.11.3 Criação de um mercado digital público e transparente de créditos

Para democratizar o acesso ao sistema e aumentar a transparência, recomenda-se a criação de uma plataforma digital pública e nacional de negociação de CCRLR, sob governança do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima e/ou em parceria com entidades reconhecidas.

Essa plataforma deve:

- a) Estabelecer mecanismos padronizados de precificação por tipo de material, volume e região;
- b) Permitir negociação direta entre emissores (cooperativas) e compradores (empresas) sem necessidade de intermediação;
- c) Disponibilizar relatórios públicos periódicos com volume de créditos gerados, comercializados e cancelados, garantindo controle social e combate a fraudes.

7.11.4 Regionalização das metas de logística reversa e dos sistemas de apoio

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), regulamentado pelo Decreto nº 11.043/2022, instituiu metas nacionais, mas a sua implementação e monitoramento preveem a consideração de especificidades regionais, com uma revisão prevista para o biênio 2024-2026 que deve aprofundar essas questões.

Reconhecendo as desigualdades regionais no acesso à infraestrutura de reciclagem, propõe-se a definição de metas regionalizadas para as empresas, considerando a disponibilidade local de cooperativas e operadores homologados.

Adicionalmente:

- a) Estabelecer polos regionais de capacitação e verificação técnica;
- b) Criar consórcios intermunicipais de logística reversa com emissão coletiva de CCRLR;
- c) Incluir as associações regionais de catadores e entidades locais de apoio (ONGs, universidades, institutos federais) na estrutura de apoio e certificação.

7.11.5 Integração do CCRLR às políticas públicas de resíduos sólidos e ESG

Para promover a coerência institucional, é fundamental alinhar o CCRLR às diretrizes dos planos nacional, estaduais e municipais de resíduos sólidos, bem como aos programas de sustentabilidade corporativa e metas climáticas.

Recomenda-se:

- a) Incorporar o CCRLR aos instrumentos de planejamento territorial, como planos diretores e contratos de concessão de limpeza urbana;
- b) Criar indicadores padronizados de desempenho ESG vinculados ao uso do CCRLR;
- c) Promover campanhas nacionais de educação ambiental e comunicação empresarial para conscientização sobre o papel dos certificados na economia circular.

7.11.6 Fomento à pesquisa e desenvolvimento (P&D) em reciclagem e rastreabilidade

A política pública de CCRLR deve estar ancorada em dados, inovação e desenvolvimento tecnológico. Para isso, propõe-se:

- a) Incentivar editais de pesquisa aplicada sobre novos métodos de rastreabilidade, controle de qualidade de recicláveis, *blockchain* ambiental e automação de MTRs;
- b) Apoiar projetos de tecnologia social em reciclagem inclusiva, articulando universidades, cooperativas e empresas;
- c) Criar programas de bolsas de extensão universitária para atuação técnica em cooperativas.

7.11.7 Consolidação da governança institucional do sistema de créditos

Por fim, é necessário fortalecer a governança nacional dos certificados, garantindo confiança, eficiência e participação social. Isso requer:

- a) Homologação transparente e técnica dos verificadores de resultado;
- b) Definição clara das atribuições das entidades gestoras, emissores e compradores;

- c) Criação de um comitê consultivo nacional de logística reversa e créditos de reciclagem, com participação do poder público, setor produtivo, catadores e academia;
- d) Ampliação dos mecanismos de auditoria cruzada e responsabilização por fraudes.

5. CONCLUSÕES

O CCRLR, nos moldes do Decreto nº 11.413/2023, representa um avanço no campo da gestão de resíduos no Brasil ao conjugar rastreabilidade, inclusão social e sustentabilidade. Sua consolidação representa um marco relevante na modernização das políticas ambientais brasileiras. Com base na PNRS e em sua regulamentação recente, o instrumento surge como resposta às dificuldades históricas da logística reversa, especialmente no tocante à informalidade da cadeia, à falta de padronização de dados, às desigualdades regionais e à escassez de incentivos econômicos que fortaleçam a reciclagem. Ao estruturar um mecanismo baseado em comprovação real de resultados, o CCRLR promove uma transição de modelos apenas declaratórios para uma abordagem orientada à mensuração, rastreamento e verificação independente.

O certificado atua como ponte entre regulação ambiental, economia circular e governança corporativa. Ele organiza incentivos financeiros que permitem às empresas internalizar custos do pós-consumo e, ao mesmo tempo, criar demanda contínua por serviços de coleta, triagem e reciclagem. Essa lógica favorece o fortalecimento da infraestrutura existente e estimula investimentos em modernização, tecnologia e eficiência operacional. Além disso, o CCRLR amplia a conexão entre políticas públicas e práticas empresariais, uma vez que se integra à metas de circularidade, ao uso de conteúdo reciclado e às exigências documentais impostas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Gestão de Resíduos Sólidos.

Outra contribuição relevante do instrumento reside em sua capacidade de induzir melhorias ao longo das cadeias produtivas. Ao tornar visível o custo da reciclagem, incentiva empresas a desenvolver produtos mais duráveis, recicláveis e alinhados ao *ecodesign*. Isso fomenta a inovação, reduz desperdícios e diminui a dependência de matérias-primas virgens. Da mesma forma, o mercado de créditos estimula a inclusão socioeconômica de catadores e cooperativas, importantes agentes do sistema brasileiro de reciclagem. A formalização desses grupos, seu acesso a contratos estáveis e sua remuneração por serviços ambientais ampliam a renda, fortalecem a organização coletiva e promovem justiça socioambiental.

Apesar de seu potencial, o CCRLR enfrenta desafios estruturais significativos. A desigualdade regional é um dos principais obstáculos, já que grande parte da infraestrutura de reciclagem está concentrada nas regiões Sul e Sudeste, enquanto Norte e Nordeste dispõem de menor capilaridade de cooperativas, menor número de recicladores e maiores custos logísticos. A coleta seletiva também permanece incipiente em grande parte dos municípios, reduzindo a oferta de materiais com qualidade adequada para reciclagem e dificultando a geração de créditos em escala nacional.

Outro desafio diz respeito à rastreabilidade e à governança digital. A confiabilidade do CCRLR depende da integração eficiente entre sistemas como SINIR, MTR Nacional e notas fiscais eletrônicas, exigindo padronização, interoperabilidade de dados e auditorias consistentes. Em paralelo, há necessidade de superar lacunas regulatórias, harmonizar normas estaduais e federais e mitigar conflitos que ainda geram insegurança jurídica para empresas e operadores.

No âmbito financeiro, a precificação dos créditos ainda apresenta incertezas decorrentes da falta de histórico, da volatilidade do mercado de recicláveis e da assimetria de poder econômico entre operadores. Além disso, o custo das auditorias e da digitalização pode funcionar como barreira de entrada para pequenos operadores e cooperativas que possuem baixa capacidade de investimento. Para superar essas limitações, o fortalecimento do CCRLR requer políticas públicas específicas que ampliem o acesso ao crédito, incentivem a modernização tecnológica, reduzam custos de auditoria e promovam incentivos fiscais capazes de gerar estabilidade e liquidez para o mercado.

Do ponto de vista corporativo, o CCRLR demonstra forte alinhamento com práticas ESG, especialmente ao integrar metas ambientais verificáveis, promover inclusão social e exigir governança rigorosa no tratamento de dados e na comprovação documental. Para as empresas, o certificado funciona como ferramenta de transparência e de redução de riscos regulatórios, contribuindo para melhorar indicadores de sustentabilidade, reforçar estratégias de economia circular e dar visibilidade a resultados concretos em relatórios corporativos.

As análises demonstram que a eficácia do CCRLR depende de um conjunto articulado de condições: governança ambiental sólida, mecanismos confiáveis de mensuração, incentivos econômicos contínuos, digitalização robusta,

infraestrutura regional fortalecida e participação ativa de empresas, sociedade civil e operadores de reciclagem. Quando esses elementos se combinam, o instrumento se torna capaz de impulsionar a reciclagem, reduzir impactos ambientais, estimular inovação produtiva e promover inclusão social, contribuindo para a transição do país rumo a um modelo de economia circular.

Foram propostas nove estratégias para aumentar a adoção do certificado de crédito de reciclagem no Brasil: Aperfeiçoamento da integração digital entre os sistemas governamentais envolvidos na logística reversa; Padronização técnica entre setores e materiais; Políticas de incentivo financeiro para cooperativas de catadores e pequenos operadores; Criação de mecanismos que aumentem a demanda pelos créditos.; Programas de certificação voluntária e rotulagem ambiental; Criação de plataformas cooperativas entre indústrias, recicladores, entidades gestoras e cooperativas; Promoção de campanhas de conscientização e capacitação sobre o CCRLR; Melhoria da infraestrutura logística e tecnológica em regiões menos desenvolvidas e Criação de mecanismos de auditoria mais robustos, protocolos claros de verificação e plataformas de transparência pública.

Considerou-se sete Frentes estratégicas para a implementação do CCLR: Fortalecimento da infraestrutura e da capacidade técnica das cooperativas; Incentivos fiscais e financeiros para empresas que compram CCRLR; Criação de um mercado digital público e transparente de créditos; Regionalização das metas de logística reversa e dos sistemas de apoio; Integração do CCRLR às políticas públicas de resíduos sólidos e ESG; Fomento à pesquisa e desenvolvimento (P&D) em reciclagem e rastreabilidade e Consolidação da governança institucional do sistema de créditos

Dessa forma, o CCRLR se configura como uma ferramenta estratégica para o futuro da política ambiental brasileira. Ele sintetiza princípios de responsabilidade compartilhada, incentivos econômicos e uso eficiente de recursos, representando um avanço importante na busca por soluções que conciliem competitividade empresarial, proteção ambiental e desenvolvimento social. O fortalecimento contínuo desse instrumento exige aprimoramento regulatório, investimentos estruturantes e compromisso institucional, permitindo que seu potencial se converta em benefícios concretos e duradouros para a sociedade, para o setor produtivo e para o meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS

ABIR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES E BEBIDAS NÃO ALCÓOLICAS. **Relatórios setoriais**. [S. l.], 2021–2023.

ABREE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM DE ELETROELETRÔNICOS E ELETRODOMÉSTICOS. **Relatório anual 2022**. [S. l.], 2022.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023**. São Paulo: ABRELPE, 2023.

ACSELRAD, H. **Justiça ambiental e cidadania**. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 2010.

AKERLOF, G. A. **The market for “lemons”: quality uncertainty and the market mechanism**. *Quarterly Journal of Economics*, v. 84, n. 3, p. 488–500, 1970.

ALLWOOD, J. M. et al. **Material efficiency: a white paper**. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 55, n. 3, p. 362–381, 2011/2013.

AMBEV. **Relatório de sustentabilidade 2022**. São Paulo: Ambev, 2023.

ANS OFF, C.; GASH, A. **Collaborative governance in theory and practice**. *Journal of Public Administration Research and Theory*, v. 18, n. 4, p. 543–571, 2007.

BANSAL, P.; SONG, H.-C. **Similar but not the same: differentiating corporate sustainability from corporate responsibility**. *Academy of Management Annals*, v. 11, n. 1, p. 105–149, 2017.

BASIL CONVENTION. **Amendments to Annexes II, VIII and IX (Plastic Waste Amendments)**. Basel: Basel Convention Secretariat, 2019.

BESSEN, G.; RIBEIRO, H. **Coleta seletiva e os catadores: inclusão social e desafios**. *Saúde e Sociedade*, v. 16, n. 3, p. 135–144, 2007.

BLACKMAN, A.; HARRINGTON, W. **The use of economic incentives in developing countries: lessons from international experience with industrial air pollution**. *Journal of Environment & Development*, v. 9, n. 1, p. 5–44, 2000.

BOCKEN, N. M. P.; BAKKER, C.; PAUW, I. **Product design and business model strategies for a circular economy**. *Journal of Industrial and Production Engineering*, v. 33, n. 5, p. 308–320, 2016.

BOSI, A. P. **Catadores de materiais recicláveis: um estudo de caso**. São Paulo: Annablume, 2008.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 3 ago. 2010.

BRASIL. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações previsto na Constituição Federal. *Diário Oficial da União*, Brasília, 18 nov. 2011.

BRASIL. **Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Regulamenta a Lei nº 12.305/2010. *Diário Oficial da União*, Brasília, 23 dez. 2010.

BRASIL. **Decreto nº 11.044, de 13 de abril de 2022**. Institui o Certificado de Crédito de Reciclagem. *Diário Oficial da União*, Brasília, 14 abr. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 11.413, de 13 de fevereiro de 2023**. Regulamenta procedimentos de verificação e rastreabilidade da logística reversa. *Diário Oficial da União*, Brasília, 14 fev. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 12.688, de 21 de outubro de 2025**. Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.305/2010 e institui o sistema de logística reversa de embalagens plásticas. *Diário Oficial da União*, Brasília, 22 out. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Logística reversa – relatório técnico 2023**. Brasília, DF: MMA, 2023.

BULLARD, R.; WRIGHT, B. **The wrong complexion for protection: how the government response to disaster endangers African American communities**. New York: NYU Press, 2012.

CAMPOS, S.; CORAZZA, R. **Economia circular e políticas públicas no Brasil**. *Revista de Administração Pública*, v. 51, n. 3, p. 366–385, 2017.

CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022**. São Paulo: CEMPRE, 2022.

CIRCLE ECONOMY. **Circularity Gap Report 2023**. Amsterdam: Circle Economy, 2023.

CONAMA. **Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008**. Estabelece critérios e padrões para pilhas e baterias. *Diário Oficial da União*, Brasília, 5 nov. 2008.

CONAMA. **Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009**. Dispõe sobre a destinação de pneus inservíveis. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1º out. 2009.

CONTAINER RECYCLING INSTITUTE. **State of beverage container recycling in the United States 2020**. Washington, DC: CRI, 2020.

COSTANZA, R. et al. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. *Nature*, v. 387, p. 253–260, 1997.

COSTANZA, R. **Ecological economics in 2049: getting beyond the argument culture to the world we all want**. *Ecological Economics*, v. 168, 106484, 2020.

DALY, H. E. **Beyond growth: the economics of sustainable development.** Boston: Beacon Press, 1996.

DAILY, G. C.; ELLISON, K. **The new economy of nature: the quest to make conservation profitable.** Washington, DC: Island Press, 2002.

DE LOS RIOS, C.; CHARNLEY, F. **Skills and capabilities for a sustainable and circular economy: the changing role of design.** *Journal of Cleaner Production*, v. 160, p. 109–122, 2017.

DEMAJOROVIC, J.; MIGLIANO, J. **Waste pickers in Brazil: social and environmental relevance.** *Revista de Administração Pública*, v. 50, n. 2, p. 1–23, 2016.

DIAS, S. **Waste pickers and cities: recognizing informal workers in the circular economy.** *Environment and Urbanization*, v. 28, n. 2, p. 375–390, 2016.

DIAS, S. M. **Waste and citizenship: the role of informal recyclers in Brazil.** *Waste Management & Research*, v. 34, n. 9, p. 871–873, 2016.

ECCLES, R. G.; IOANNOU, I.; SERAFEIM, G. **The impact of corporate sustainability on organizational processes and performance.** *Management Science*, v. 60, n. 11, p. 2835–2857, 2014.

ECCLES, R. G.; KLIMENKO, S. **The investor revolution.** *Harvard Business Review*, May–June 2019.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy: economic and business rationale for an accelerated transition.** Cowes: EMF, 2013.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Completing the picture: how the circular economy tackles climate change.** Cowes: EMF, 2019.

ELLERMAN, A. D.; CONVERY, F. J.; DE PERTHUIS, C. **Pricing carbon: the European Union Emissions Trading Scheme.** Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

ENVIRONMENTAL COMMISSION / EUROPEAN COMMISSION. **Circular economy action plan.** Brussels: EC, 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste.** Brussels: EC, 1994.

EUROPEAN COMMISSION. **Directive 2008/98/EC on waste (Waste Framework Directive).** Brussels: EC, 2008.

EUROPEAN COMMISSION. **Directive (EU) 2018/852 amending Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste.** Brussels: EC, 2018.

EUROPEAN COMMISSION. **Circular economy action plan: for a cleaner and more competitive Europe.** Brussels: EC, 2020.

EUROPEAN COURT OF AUDITORS. **EU action on plastic waste: ambitious targets but fragmented policies**. Luxembourg: ECA, 2020.

FATIMAH, Y. A. et al. **Industry 4.0-based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: a case study of Indonesia**. *Journal of Cleaner Production*, v. 269, 122263, 2020.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de direito ambiental brasileiro**. 25. ed. São Paulo: Saraiva Jurídico, 2025.

FINK, L. **A fundamental reshaping of finance**. *BlackRock Letter to CEOs*, 2020.

FISCHER-KOWALSKI, M.; HABERL, H. **Socioecological transitions and global change**. Cheltenham: Edward Elgar, 2007.

FREITAS, A.; VIEIRA, L.; ANDRADE, F. **Economia circular no setor de cosméticos**. *Revista Produção Online*, v. 20, p. 1–20, 2020.

FRIEDE, G.; BUSCH, T.; BASSEN, A. **ESG and financial performance: aggregated evidence from more than 2000 empirical studies**. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, v. 5, n. 4, p. 210–233, 2015.

FROSCH, R. A.; GALLOPOULOS, N. **Strategies for manufacturing**. *Scientific American*, v. 261, n. 3, p. 144–152, 1989.

GAIGER, L. **Economia solidária em perspectiva**. *Sociedade e Estado*, v. 34, n. 3, p. 649–675, 2019.

GAUSTAD, G. et al. **Circular economy strategies for sustainable materials**. *Journal of Industrial Ecology*, v. 22, n. 4, p. 1–14, 2018.

GEISSDOERFER, M. et al. **The circular economy – a new sustainability paradigm?** *Journal of Cleaner Production*, v. 143, p. 757–768, 2017.

GEREFFI, G.; HUMPHREY, J.; STURGEON, T. **The governance of global value chains**. *Review of International Political Economy*, v. 12, n. 1, p. 78–104, 2005.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. **Production, use, and fate of all plastics ever made**. *Science Advances*, v. 3, n. 7, e1700782, 2017.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. **A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems**. *Journal of Cleaner Production*, v. 114, p. 11–32, 2016.

GLASSON, J.; THERIVEL, R.; CHADWICK, A. **Introduction to environmental impact assessment**. 4. ed. London: Routledge, 2012.

GOLD STANDARD FOUNDATION. **Gold Standard for the Global Goals**. [S. l.]: Gold Standard, 2021.

GOVINDAN, K.; HASANAGIC, M. **A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective.** *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 1–2, p. 278–311, 2018.

GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H.; KANNAN, D. **Reverse logistics and closed-loop supply chain: a comprehensive review to explore the future.** *European Journal of Operational Research*, v. 240, n. 3, p. 603–626, 2015.

GUPT, Y.; SAHAY, S. **Consumer involvement and recycling behaviour: insights from emerging economies.** *Journal of Cleaner Production*, v. 87, p. 291–298, 2015.

GUNNINGHAM, N.; KAGAN, R. A.; THORNTON, D. **Shades of green: business, regulation, and environment.** Stanford: Stanford University Press, 2003.

GUTBERLET, J. **Waste, poverty and recycling.** London: Zed Books, 2018.

GUTBERLET, J.; CARENZO, S.; KAIN, J.-H. **Waste picking and environmental justice.** *Geoforum*, v. 98, p. 28–37, 2019.

HART, S. L. **A natural-resource-based view of the firm.** *Academy of Management Review*, v. 20, n. 4, p. 986–1014, 1995.

HART, S. L.; MILSTEIN, M. B. **Creating sustainable value.** *Academy of Management Executive*, v. 17, n. 2, p. 56–67, 2003.

HEPBURN, C. et al. **Carbon pricing and the social cost of carbon.** *Review of Environmental Economics and Policy*, v. 14, n. 1, p. 3–25, 2020.

HOPEWELL, J.; DVORAK, R.; KOSIOR, E. **Plastics recycling: challenges and opportunities.** *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 364, p. 2115–2126, 2009.

HP Inc.. **Sustainable Impact Report 2022.** Palo Alto: HP Inc., 2022. Disponível em: <https://h20195.www2.hp.com/v2/GetDocument.aspx?docname=c0815555>

IBGC – INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA. **Código das melhores práticas de governança corporativa.** 5. ed. São Paulo: IBGC, 2015.

IFRS FOUNDATION. **IFRS S1 – General requirements for disclosure of sustainability-related financial information.** London: IFRS Foundation, 2023a.

IFRS FOUNDATION. **IFRS S2 – Climate-related disclosures.** London: IFRS Foundation, 2023b.

IPBES – INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES. **Global assessment report on biodiversity and ecosystem services.** Bonn: IPBES Secretariat, 2019.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2022: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report**. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Brasília, DF: IPEA, 2010.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Brasília, DF: IPEA, 2012.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Brasília, DF: IPEA, 2017.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico sobre os catadores de materiais recicláveis**. Brasília, DF: IPEA, 2012.

JANSSEN, M.; CHARALABIDIS, Y.; ZUIDERWIJK, A. **Digital governance: new forms of data-driven public management**. *Government Information Quarterly*, v. 37, n. 3, 2020.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. **Gestão de resíduos sólidos no Brasil: desafios da sustentabilidade**. *Estudos Avançados*, v. 25, n. 71, p. 135–158, 2011.

KAZA, S. et al. **What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050**. Washington, DC: World Bank, 2018.

KHAN, M.; SERAFEIM, G.; YOON, A. **Corporate sustainability: first evidence on materiality**. *The Accounting Review*, v. 91, n. 6, p. 1697–1724, 2016.

KINNAMAN, T. C. **The economics of recycling**. *Waste Management*, v. 118, p. 3–8, 2020.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. **Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions**. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 127, p. 221–232, 2017.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. **Circular economy as an essentially contested concept**. *Journal of Cleaner Production*, v. 175, p. 544–552, 2018.

KOTSANTONIS, S.; PINNEY, C.; SERAFEIM, G. **ESG integration in investment management: myths and realities**. *Journal of Applied Corporate Finance*, v. 28, n. 2, p. 10–16, 2016.

KOUHIZADEH, M.; SARKIS, J. **Blockchain practices in supply chain sustainability**. *Journal of Cleaner Production*, v. 229, p. 1–10, 2019.

KOUHIZADEH, M.; ZHU, Q.; SARKIS, J. **Blockchain and the circular economy**. *Journal of Cleaner Production*, v. 277, 123999, 2020.

KPMG. **Survey of sustainability reporting 2022**. [S. l.]: KPMG, 2022.

KUNZ, N.; MAYERS, K.; VAN WAELE, M. **Extended producer responsibility: a multi-country analysis of packaging and WEEE**. *Journal of Cleaner Production*, v. 196, p. 1602–1615, 2018.

LEITE, P. R. **Logística reversa**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2017.

LEISING, E.; QUIST, J.; BOCKEN, N. **Circular economy in the building sector: three cases and a collaboration tool**. *Journal of Cleaner Production*, v. 176, p. 976–989, 2018.

LEME, A. A. **Logística reversa no Brasil: evolução normativa e desafios para a rastreabilidade**. *Revista de Direito Ambiental*, v. 25, n. 100, p. 67–94, 2020.

LINDHQUIST, T. **Extended producer responsibility in cleaner production**. Lund: IIIEE/Lund University, 2000.

LYON, T. P.; MONTGOMERY, A. W. **The means and ends of greenwashing**. *Organization & Environment*, v. 28, n. 2, p. 223–249, 2015.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 31. ed. São Paulo: Juspodivm, 2025.

MANCINI, S.D., MEDEIROS, G.A.; PAES, M.X., OLIVEIRA, B.O.S.; ANTUNES, M.L.P.; SOUZA, R.G.; FERRAZ, J.L.; BORTOLETO, A.P.; OLIVEIRA, J.A.P. **Circular Economy and Solid Waste Management: Challenges and Opportunities in Brazil**. *Circular Economy and Sustainability*. v. 1, p. 261–282, 2021. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00031-22>

MARGULIS, S. **A regulamentação ambiental: instrumentos e implementação**. *Texto para Discussão*, n. 437, p. 5–47, 1996.

MEDINA, M. **The world's scavengers: salvaging for sustainable consumption and production**. Lanham: AltaMira Press, 2008.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente**. 10. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014.

MOFATI, L. M. **Avaliação do potencial de aplicação dos créditos de logística reversa como pagamento por serviços ambientais para as organizações de catadores na gestão de resíduos eletroeletrônicos no Brasil**. 2025. 212 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

MORENO, M. et al. **A conceptual framework for circular design**. *Sustainability*, v. 8, n. 9, 937, 2016.

NORTH, D. C. **Institutions, institutional change and economic performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

NUSS, P. et al. **Economic instruments for circular economy transitions: evidence and insights**. *Journal of Cleaner Production*, v. 336, 130–150, 2022.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Extended producer responsibility: updated guidance for efficient waste management**. Paris: OECD Publishing, 2016.

OECD. **Environmental policy tools and evaluation**. Paris: OECD Publishing, 2011.

OECD. **A circular economy in the OECD: policy highlights 2020**. Paris: OECD Publishing, 2020.

OECD. **ESG investing and sustainability disclosures**. Paris: OECD Publishing, 2021.

OSTROM, E. **Governing the commons: the evolution of institutions for collective action**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

OSTROM, E. **A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems**. *Science*, v. 325, n. 5939, p. 419–422, 2009.

PACHECO, J. et al. **Inclusão produtiva e gestão de resíduos sólidos no Brasil**. *Revista de Administração Pública*, v. 51, n. 5, p. 759–784, 2017.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H.; TAFFARELLO, D. **Pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo: MMA, 2010.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of natural resources and the environment**. London: Harvester Wheatsheaf, 1990.

PIGOU, A. C. **The economics of welfare**. London: Macmillan, 1920.

PIZER, W. A. **Combining price and quantity controls to mitigate global climate change**. *Journal of Public Economics*, v. 85, p. 409–434, 2002.

PORTER, M. E.; KRAMER, M. R. **Creating shared value**. *Harvard Business Review*, v. 89, n. 1–2, p. 62–77, 2011.

PORTER, M. E.; VAN DER LINDE, C. **Toward a new conception of the environment–competitiveness relationship**. *Journal of Economic Perspectives*, v. 9, n. 4, p. 97–118, 1995.

PRESSMAN, J.; WILDAVSKY, A. **Implementation**. Berkeley: University of California Press, 1973.

REH, L. **Process engineering in circular economy**. *Waste Management*, v. 33, n. 11, p. 2647–2652, 2013.

RELOOP. **Deposit return systems: global overview 2021**. Brussels: Reloop Platform, 2021.

RIBEIRO, H.; BESEN, G. R. **Panorama da coleta seletiva no Brasil**. *Saúde e Sociedade*, v. 16, n. 3, p. 146–157, 2007.

ROCKSTRÖM, J. et al. **A safe operating space for humanity**. *Nature*, v. 461, n. 7263, p. 472–475, 2009.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going backwards: reverse logistics trends and practices**. Pittsburgh: Reverse Logistics Executive Council, 1999.

RUTQVIST, J.; LÜTKEPOHL, J. **Digital tracking technologies and circular value chains: opportunities and challenges**. *Journal of Cleaner Production*, v. 355, 131–148, 2022.

SACHS, J. D. et al. **Six transformations to achieve the sustainable development goals**. *Nature Sustainability*, v. 2, n. 9, p. 805–814, 2019.

SARKIS, J. **A strategic decision framework for green supply chain management**. *Journal of Cleaner Production*, v. 11, n. 4, p. 397–409, 2003.

SARKIS, J. **A boundaries and flows perspective of green supply chain management**. *Supply Chain Management Review*, v. 16, n. 4, p. 18–25, 2012.

SIQUEIRA, F.; MORAES, R. **Trabalho reciclador e vulnerabilidade social**. *Revista Retratos de Assentamentos*, v. 21, n. 1, p. 141–164, 2018.

SINGER, P. **Introdução à economia solidária**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2002.

SONTER, L.; DALLAIRE, J.; WATSON, J. **Biodiversity impacts of mining**. *Nature Communications*, v. 9, 2018.

SRIVASTAVA, S. K. **Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review**. *International Journal of Management Reviews*, v. 9, n. 1, p. 53–80, 2007.

STAVINS, R. N. **The future of U.S. carbon-pricing policy**. *Environmental and Energy Policy and the Economy*, v. 1, n. 1, p. 8–64, 2019.

STAHEL, W. R. **Circular economy: a user's guide**. *Nature*, v. 531, p. 435–438, 2016.

STIGLITZ, J. E. **The contributions of the economics of information to twentieth century economics**. *Scandinavian Journal of Economics*, v. 102, n. 3, p. 437–448, 2000.

SU, B. et al. **A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation**. *Journal of Cleaner Production*, v. 42, p. 215–227, 2013.

TCFD – TASK FORCE ON CLIMATE-RELATED FINANCIAL DISCLOSURES. **Final report: recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures**. Basel: Financial Stability Board, 2017.

UN GLOBAL COMPACT. **Who cares wins: connecting financial markets to a changing world**. New York: United Nations Global Compact, 2004.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global resources outlook 2019**. Nairobi: UNEP, 2019.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global resources outlook 2021: pathways to a sustainable future**. Nairobi: UNEP, 2021.

UNFCCC – UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Paris agreement**. Paris: UNFCCC, 2015.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: United Nations, 2015.

UN-HABITAT. **Solid waste management in the world's cities: water and sanitation in the world's cities 2010**. London: Earthscan, 2010.

WATKINS, E. et al. **EPR systems and the circular economy: effectiveness and design**. Brussels: European Commission, 2017.

WATKINS, G. et al. **Policies to promote circular economy and waste management in Latin America and the Caribbean**. Washington, DC: Inter-American Development Bank, 2021.

WCED – WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

WILSON, D. C.; VELIS, C.; RODIC, L. **Integrated sustainable waste management**. *Waste Management & Research*, v. 31, n. 9, p. 1–12, 2013.

WORLD BANK. **What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050**. Washington, DC: World Bank, 2018.

WU, Z.; PAGELL, M. **Balancing priorities: decision-making in sustainable supply chain management**. *Journal of Operations Management*, v. 29, n. 6, p. 577–590, 2011.

YOUNG, O. R. **Governing complex systems: social capital for the Anthropocene**. Cambridge, MA: MIT Press, 2017.