



**cadernos de
graduação**

ciências humanas e sociais

V.9 • N.3 • Edição - 2026.1

ISSN IMPRESSO 1980-1785

ISSN ELETRÔNICO 2316-3143

DOI: 10.17564/2316-3143.2026v9n3p113-128

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA LOGÍSTICA REVERSA: CAMINHOS PARA A SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL E A REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Technological Innovation in Reverse
Logistics: Paths to Corporate Sustainability
and the Reduction of Environmental Impacts

Almir da Rocha Coutinho¹
almir.rocha@souunit.com.br

Gleice Maria de Jesus Santos²
gleice.maria@souunit.com.br

Maria Fernanda Da Silva Ponciano³
maria.ponciano@souunit.com.br

Jeferson Reis Guimarães Andrade⁴
jefferson.comex@hotmail.com

Isabel Cristina Barreto Andrade⁵
isabel.cristina@souunit.com.br

RESUMO

Este estudo analisou como as inovações tecnológicas aplicadas à logística reversa contribuem para a sustentabilidade empresarial e a mitigação dos impactos ambientais. Utilizando abordagem qualitativa, por meio de um estudo de casos múltiplos, foram investigadas três empresas que operam em distintos contextos produtivos. A análise de conteúdo das entrevistas revelou diferentes níveis de maturidade tecnológica, demonstrando que a integração entre tecnologia, gestão e responsabilidade ambiental é determinante para a efetividade dos processos reversos. Observou-se que, mesmo em estruturas com baixa automação, como na Empresa A, a adoção de práticas gerenciais sistemáticas permite alcançar resultados consistentes. Já a Empresa B destacou-se pela utilização de tecnologias disruptivas, como metalurgia 4.0 e biotecnologia, favorecendo elevado índice de reaproveitamento de resíduos e geração de valor econômico. A Empresa C, com sistemas industriais e controles integrados, evidenciou ganhos em produtividade e redução de desperdícios. Os resultados empíricos confirmam o alinhamento com a literatura contemporânea, que aponta a inovação tecnológica como fator estratégico para o desenvolvimento sustentável e a transição para modelos de economia circular. Conclui-se que a inovação tecnológica fortalece simultaneamente a eficiência operacional, o desempenho ambiental e a competitividade empresarial. Recomenda-se que estudos futuros ampliem o escopo empírico e explorem métodos mistos, considerando métricas quantitativas e análises longitudinais que permitam acompanhar a evolução da maturidade tecnológica ao longo do tempo.

PALAVRAS-CHAVE

Inovação Tecnológica. Logística Reversa. Sustentabilidade Empresarial.

ABSTRACT

This study analyzed how technological innovations applied to reverse logistics contribute to business sustainability and the mitigation of environmental impacts. Using a qualitative approach, through a multiple case study, three companies operating in distinct production contexts were investigated. Content analysis of the interviews revealed different levels of technological maturity, demonstrating that the integration between technology, management, and environmental responsibility is crucial for the effectiveness of reverse processes. It was observed that, even in structures with low automation, such as Company A, the adoption of systematic management practices allows for consistent results. Company B stood out for its use of disruptive technologies, such as Metallurgy 4.0 and biotechnology, favoring a high rate of waste reuse and the generation of economic value. Company C, with integrated industrial systems and controls, showed gains in productivity and waste reduction. The empirical results confirm alignment with contemporary literature, which points to technological innovation as a strategic factor for sustainable development and the transition to circular economy models. It is concluded that technological innovation simultaneously strengthens operational efficiency, envi-

ronmental performance, and business competitiveness. It is recommended that future studies broaden the empirical scope and explore mixed methods, considering quantitative metrics and longitudinal analyses that allow for tracking the evolution of technological maturity over time.

KEYWORDS

Technological Innovation; Reverse Logistics; Corporate Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos ambientais decorrentes do modelo de produção linear tem levado organizações de diferentes setores a incorporar práticas sustentáveis em seus processos operacionais. Nesse contexto, a logística reversa emerge como um dos principais instrumentos para a efetivação da economia circular, ao possibilitar o retorno de produtos, embalagens e materiais ao ciclo produtivo, minimizando o consumo de recursos naturais e os impactos ecológicos negativos. Essa dinâmica reflete uma mudança de paradigma na gestão empresarial contemporânea, em que a sustentabilidade deixa de ser apenas um diferencial competitivo para se tornar uma exigência de mercado e um imperativo ético (Leite; Olímpio; Muniz, 2024).

A inovação tecnológica desempenha papel central nesse processo, impulsionando a transformação das cadeias logísticas em sistemas inteligentes e sustentáveis. Tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Big Data, Blockchain, RFID e sistemas integrados ERP têm ampliado a rastreabilidade, a eficiência e a segurança das operações logísticas, permitindo o controle em tempo real de fluxos reversos e a análise preditiva de demandas e retornos (Oliveira, 2024; Sun; Yu; Solvang, 2022). Ao integrar inovação e sustentabilidade, as empresas avançam em direção a modelos de Logística 4.0, que associam conectividade, automação e inteligência analítica à gestão ambientalmente responsável (Blamco; González; Latour, 2025).

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) reforçou o compromisso das empresas com a gestão ambiental, instituindo a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a obrigatoriedade da implantação de sistemas de logística reversa. Desde então, o tema vem ganhando relevância na agenda corporativa e acadêmica, especialmente em setores de alto impacto ambiental, como o de bebidas, construção civil, eletrônico e industrial (Azevedo; Souza, 2024; Silva; Silva, 2024).

Contudo, a efetividade desses sistemas depende da capacidade de integrar tecnologia, gestão e sustentabilidade. Em muitas organizações, os desafios ainda residem na viabilidade econômica da automação, na integração de dados e na adesão dos parceiros da cadeia. Estudos recentes apontam que o sucesso da logística reversa tecnológica exige maturidade digital, planejamento estratégico e indicadores de desempenho que conciliam eficiência operacional e responsabilidade ambiental (Hoffmann; Jacques, 2021; Khan; Islam; Habib, 2023).



Diante do exposto, o trabalho possui o objetivo geral de analisar como as inovações tecnológicas aplicadas à logística reversa podem impulsionar a sustentabilidade empresarial e contribuem para a redução dos impactos ambientais. E os específicos são identificar as principais tecnologias utilizadas na logística reversa e suas funcionalidades nas empresas, avaliar de que forma as inovações tecnológicas contribuem para a eficiência da logística reversa e para o alcance da sustentabilidade empresarial e analisar os impactos ambientais e econômicos proporcionados pela adoção de tecnologias inovadoras da logística reversa nas empresas.

A justificativa desta pesquisa fundamenta-se na necessidade de enfrentar as implicações ambientais decorrentes da produção e do descarte de produtos no Brasil. Nesse cenário, a logística reversa, quando apoiada por inovações tecnológicas, configura-se como ferramenta estratégica para alinhar processos empresariais à sustentabilidade, implementar políticas ambientais eficazes e promover um desenvolvimento que respeite os limites ecológicos. Além disso, compreender o papel da tecnologia na superação de desafios operacionais e na transição para modelos mais sustentáveis e circulares mostra-se essencial para a sobrevivência e competitividade das organizações no século XXI (Silva; Godoy, 2023).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A partir dessa compreensão das interfaces entre inovação, logística reversa e sustentabilidade empresarial, torna-se evidente que as transformações tecnológicas assumem papel estratégico na reestruturação das práticas operacionais voltadas à circularidade. Nesse sentido, compreender quais tecnologias estão sendo incorporadas pelas organizações e de que forma impulsionam os processos logísticos reversos é fundamental para identificar os mecanismos que promovem ganhos econômicos, reduzem impactos ambientais e reforçam a competitividade empresarial. Assim, a subseção a seguir apresenta as principais tecnologias aplicadas à logística reversa, destacando seus potenciais, funcionalidades e contribuições conforme abordado na literatura especializada, proporcionando a base conceitual necessária para a análise dos casos investigados.

2.1 PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DA LOGÍSTICA REVERSA

A incorporação de tecnologias digitais e automação nas cadeias logísticas tem redefinido o conceito de logística reversa, transformando-a em um processo estratégico e inteligente. Segundo Leite, Olímpio e Muniz (2024), a logística reversa é um conjunto de ações e procedimentos que viabilizem o retorno de produtos e materiais ao ciclo produtivo, agregando valor econômico, ecológico e social. Sua eficiência, entretanto, depende do uso de ferramentas tecnológicas capazes de monitorar, rastrear e controlar as etapas do fluxo reverso com precisão.

Entre as tecnologias mais relevantes, destaca-se a Internet das Coisas (IoT), que conecta dispositivos e sensores, permitindo o monitoramento contínuo de produtos e embalagens. Para Sun, Yu e Solvang (2022), a IoT é um elemento-chave da Logística 4.0,

pois viabiliza o rastreamento em tempo real, a redução de perdas e a tomada de decisões baseada em dados. Em paralelo, a Inteligência Artificial (IA) e o Big Data têm possibilitado análises preditivas e otimização de rotas, ampliando a capacidade das empresas de prever demandas e ajustar seus sistemas de coleta e reciclagem (Oliveira, 2024).

O uso de sistemas de identificação por radiofrequência (RFID) e Blockchain também tem ganhado espaço nas práticas de logística reversa, proporcionando maior transparência e segurança nas informações sobre origem, destino e conformidade dos materiais. Conforme argumentam Blamco, González e Latour (2025), essas tecnologias promovem a rastreabilidade e a integridade dos dados, reduzindo o risco de fraudes e fortalecendo a confiança entre os agentes da cadeia.

Além das tecnologias digitais, a automação industrial e os sistemas integrados de gestão (ERP) desempenham papel essencial na eficiência operacional. Barboza *et al.* (2015) destacam que, embora os sistemas ERP tenham sido inicialmente projetados para o fluxo direto da cadeia de suprimentos, sua aplicação à logística reversa permite uma visão sistêmica dos estoques e retornos, favorecendo o planejamento e a sustentabilidade das operações. Essa integração reforça o argumento de Azevedo e Souza (2024) de que a inovação tecnológica na logística reversa não se limita à adoção de equipamentos, mas envolve a reestruturação de processos e a consolidação de uma cultura digital voltada à sustentabilidade.

Outro campo emergente é o da biotecnologia aplicada à reciclagem, especialmente em resíduos de alto valor agregado, como os eletrônicos. O uso de microrganismos e processos de biolixiviação para extração de metais preciosos têm se mostrado uma solução eficaz e ambientalmente segura, substituindo métodos químicos poluentes. Essa inovação, segundo Silva e Silva (2024), ilustra o potencial transformador das tecnologias limpas, que reduzem a contaminação e aumentam o aproveitamento de recursos, em consonância com os princípios da economia circular.

A convergência dessas tecnologias dá origem à chamada Logística Reversa 4.0, conceito que integra automação, conectividade e sustentabilidade. Para Sun, Yu e Solvang (2022), essa nova etapa caracteriza-se pela adoção de sistemas inteligentes capazes de aprender, prever e otimizar as operações logísticas com base em dados massivos e algoritmos autônomos. Assim, a inovação tecnológica torna-se o elo entre eficiência produtiva e responsabilidade ambiental, impulsionando modelos empresariais sustentáveis e competitivos.

2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS DA LOGÍSTICA REVERSA

Os impactos da logística reversa transcendem a dimensão ambiental, alcançando aspectos econômicos, sociais e estratégicos da gestão empresarial. Segundo Azevedo e Souza (2024), a adoção de sistemas reversos eficientes reduz significativamente a extração de matérias-primas, o volume de resíduos destinados a aterros e os custos operacionais, contribuindo para o equilíbrio entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

No contexto da economia circular, a logística reversa é considerada um pilar fundamental para o reaproveitamento de recursos e a extensão do ciclo de vida dos produtos. Silva e Godoy (2023) afirmam que o retorno de materiais ao processo produtivo gera

valor compartilhado e reforça a imagem sustentável das empresas, tornando-se um diferencial competitivo em mercados cada vez mais sensíveis à responsabilidade ambiental.

Em termos econômicos, os ganhos são observados tanto na redução de custos de produção quanto na geração de novas fontes de receita. Hoffmann e Jacques (2021) destacam que o reaproveitamento de materiais e subprodutos pode gerar vantagens competitivas, ao passo que Streit e Guarnieri (2023) ressaltam que a valorização de resíduos fortalece cadeias produtivas locais e fomenta a inovação social. Tais benefícios são ampliados quando a logística reversa é apoiada por tecnologias digitais que otimizam a rastreabilidade, o controle e a eficiência das operações (Sun; Yu; Solvang, 2022; Oliveira, 2024).

Do ponto de vista ambiental, Silva *et al.* (2025) enfatizam que a incorporação de tecnologias limpas e sistemas inteligentes reduz emissões, minimiza riscos de contaminação e favorece o cumprimento das legislações ambientais. Nesse sentido, Leite, Olímpio e Muniz (2024) reforçam que a sustentabilidade da logística reversa depende da integração entre inovação tecnológica, políticas públicas e gestão empresarial estratégica.

Ao analisar o equilíbrio entre custo e benefício, Oliveira (2024) e Azevedo e Souza (2024) observam que o retorno financeiro das tecnologias aplicadas à logística reversa tende a ocorrer em médio e longo prazo, exigindo planejamento e comprometimento institucional. Apesar dos desafios de investimento inicial, os resultados em termos de economia de recursos, reputação corporativa e conformidade ambiental demonstram que a inovação tecnológica constitui um caminho seguro para o desenvolvimento sustentável.

Por fim, a literatura converge ao reconhecer que a logística reversa tecnológica atua como vetor de transformação empresarial e social. Sun, Yu e Solvang (2022) e Blamco, González e Latour (2025) sustentam que as tecnologias emergentes possibilitam a criação de cadeias produtivas inteligentes e autossustentáveis, nas quais a informação é tratada como recurso estratégico. Assim, a inovação tecnológica deixa de ser apenas um meio de automação e se torna um instrumento de gestão sustentável, capaz de alinhar eficiência operacional, vantagem competitiva e responsabilidade ambiental.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, buscando a compreensão aprofundada do fenômeno e a interpretação dos dados coletados. A escolha desta abordagem é fundamental para analisar a complexidade do papel das tecnologias inovadoras na otimização dos processos de logística reversa e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável e a economia circular (Gil, 2019).

O estudo classifica-se como uma pesquisa de ordem descritiva. O intuito principal é identificar as principais tecnologias utilizadas na logística reversa e suas funcionalidades nas empresas, bem como avaliar as formas pelas quais essas inovações tecnológicas contribuem para a eficiência da logística reversa e para o alcance da sustentabilidade empresarial. A natureza descritiva permite detalhar as características das inovações tecnológicas e os impactos ambientais e econômicos proporcionados por sua adoção (Gil, 2019).

A estratégia de investigação escolhida é o estudo de múltiplos casos, o que permite a análise das inovações tecnológicas aplicadas à logística reversa em diferentes

contextos empresariais. Esta abordagem é apropriada para explorar o tema central – o papel das tecnologias inovadoras na otimização dos processos de logística reversa – que exige uma compreensão mais aprofundada (Yin,2015).

As unidades de análise foram 3 empresas do setor de logística reversa com atuação no estado de Sergipe. A seleção dos casos baseou-se em critérios de relevância para o setor, com base na contribuição das inovações tecnológicas, os impactos ambientais e econômicos na logística reversa. Além disso, considerou-se a diversidade das atividades das empresas, sendo uma para a reciclagem de metais nobres, reciclagem de paletes e garrafas de vidro.

A coleta de dados ocorreu por meio da entrevista semi-estruturada, por meio de um roteiro de entrevista. De acordo com Gil (2019), o uso de um roteiro de entrevista garante que os dados sejam coletados de forma direcionada, mas ainda permite flexibilidade para explorar aspectos relevantes que emergem da fala dos entrevistados, enriquecendo a análise qualitativa. Este roteiro de entrevista foi desenvolvido para guiar a obtenção de dados primários junto a gestores, engenheiros ou especialistas em logística e sustentabilidade das empresas selecionadas como casos de estudo. O objetivo do roteiro é coletar percepções detalhadas e informações específicas sobre:

A identificação das tecnologias efetivamente utilizadas na logística reversa (como IoT, IA, RFID, Blockchain etc.) e suas funcionalidades específicas na empresa;

A avaliação de como essas inovações tecnológicas têm contribuído para a eficiência operacional da logística reversa (rastreadibilidade, redução de custos, otimização de rotas);

A análise dos impactos ambientais (redução de resíduos, conservação de recursos) e econômicos (recuperação de valor, vantagem competitiva) proporcionados pela tecnologia;

O roteiro de entrevista foi construído com base no Quadro 1.

Quadro 1 – Categorias Analíticas e Elementos de Análise

Questões de Pesquisas	Categoria Analítica	Elementos de Análise	Autores
Quais as principais tecnologias utilizadas na logística reversa e suas funcionalidades nas empresas?	Tecnologias na logística reversa	IoT; IA; RFID; Blockchain; Big Data Analytics; Cloud Computing; ERP; WMS; Automação; Realidade Aumentada; Manufatura Aditiva.	Sun; Yu; Solvang (2022); Oliveira (2024); Khan; Islam; Habib (2023); Blamco; González; Latour (2025); Leite; Olímpio; Muniz (2024).
De que forma as inovações tecnológicas contribuem para a eficiência da logística reversa e para o alcance da sustentabilidade empresarial?	Contribuições das inovações tecnológicas na logística reversa	Redução do tempo de ciclo logístico; otimização do consumo de combustível; rastreadibilidade em tempo real; redução de falhas operacionais; aumento da acurácia de estoques; integração de sistemas; maior transparência e confiabilidade das informações; competitividade organizacional.	Sun; Yu; Solvang (2022); Leite; Olímpio; Muniz (2024); Barboza <i>et al.</i> (2015); Oliveira (2024)

Questões de Pesquisas	Categoria Analítica	Elementos de Análise	Autores
Quais os impactos ambientais e econômicos proporcionados pela adoção de tecnologias inovadoras da logística reversa nas empresas?	Impactos ambientais e econômicos na logística reversa	Redução da geração de resíduos; gestão eficiente de resíduos perigosos; diminuição da pegada de carbono; economia de matérias-primas; recuperação de valor econômico; geração de receita com subprodutos; diferenciação da imagem corporativa; prevenção de passivos ambientais.	Azevedo; Souza (2024); Hoffmann; Jacques (2021); Silva <i>et al.</i> (2025); Silva; Silva (2024); Streit; Guarnieri (2023).

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise dos dados foi realizada com base na técnica de análise de conteúdo, conforme proposta por Bardin (2016), a qual se mantém como referência no tratamento de dados qualitativos, permitindo a categorização e interpretação sistemática do material empírico. Essa abordagem possibilita identificar padrões e significados recorrentes nas falas dos entrevistados, sendo adequada para pesquisas com objetivos exploratórios e explicativos.

O processo seguiu três etapas principais:

Pré-análise: esta etapa consistiu na organização e na preparação do material coletado. Nela, foram definidos os eixos temáticos com base nos objetivos da pesquisa;

Exploração do material: realizou-se o agrupamento de trechos documentais e das falas dos entrevistados, estruturando-os em categorias analíticas diretamente relacionadas ao objeto de estudo. Tais categorias como tecnologias aplicadas na logística reversa, eficiência e sustentabilidade empresarial e impactos ambientais e econômicos;

Tratamento dos resultados: as categorias estabelecidas foram submetidas à análise e interpretação à luz do referencial teórico do estudo. Este tratamento final permitiu a construção de inferências acerca do papel das inovações tecnológicas no fortalecimento da sustentabilidade e na redução dos impactos ambientais decorrentes das atividades empresariais.

Em suma, a adoção da análise de conteúdo de Bardin (2016) permitiu a sistematização rigorosa dos dados, evidenciando as relações complexas entre inovação, logística reversa e sustentabilidade, e fornecendo os subsídios necessários para a discussão aprofundada dos resultados desta pesquisa.

Todos os participantes da pesquisa foram orientados e informados com relação aos preceitos éticos e firmaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

O presente capítulo apresenta a análise dos resultados obtidos a partir das três entrevistas realizadas com representantes de empresas atuantes na área de logística reversa no estado de Sergipe. O exame dos dados foi conduzido segundo a técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (2016), envolvendo as etapas de pré-análise,

exploração do material e tratamento dos resultados, com base nas categorias analíticas previamente definidas: tecnologias aplicadas à logística reversa, eficiência operacional e sustentabilidade, impactos socioeconômicos e ambientais e perspectivas futuras.

4.1 APRESENTAÇÃO DOS CASOS

A Empresa A é uma organização de grande porte do setor de bebidas, cuja operação logística envolve o retorno de embalagens de vidro retornáveis e o gerenciamento de subprodutos sólidos. O entrevistado, analista de meio ambiente, relatou que o processo de triagem e quebra das garrafas ocorre de forma manual, realizado por equipes terceirizadas, embora exista um rígido controle orçamentário e indicadores corporativos para prever volumes e metas de reaproveitamento. Segundo ele, “é tudo manual realmente, mas a gente tem uma gestão em cima disso... a gente faz tendência, vem essa tendência do corporativo, e mensalmente a gente revisa essa tendência”. A fala evidencia que, mesmo diante da ausência de automação, há uma gestão estruturada e integrada, alinhada às diretrizes corporativas de sustentabilidade e economia circular.

A Empresa B é uma startup voltada à reciclagem de resíduos eletrônicos, representando o caso de maior grau de inovação tecnológica entre os participantes. O fundador descreveu que a empresa opera com metalurgia 4.0, biotecnologia e sistemas digitais de rastreabilidade, possibilitando a extração de metais preciosos e a minimização de impactos ambientais. Segundo ele, “somos pioneiros a usar microrganismos e biotecnologia... conseguimos extrair em torno de 92% dos metais das placas, e isso com perda quase zero”. Essa fala evidencia a incorporação de tecnologias emergentes como fator de competitividade e sustentabilidade, conforme salientam Sun, Yu e Solvang (2022) ao descreverem o conceito de Logística Reversa 4.0.

A Empresa C, por sua vez, é uma indústria de grande porte do setor de materiais de construção, cuja logística reversa se concentra no reaproveitamento de paletes de madeira. O operador de logística, entrevistado, destacou a existência de uma central de reforma de paletes, equipada com pregadeiras pneumáticas e integrada ao sistema corporativo SAP, permitindo o controle da movimentação e do reaproveitamento. Conforme relatou, “em média, reaproveitamos 11.328 paletes por mês, com produtividade de 30 paletes por homem por dia”. O processo é complementado por relatórios e planilhas de controle e pelo encaminhamento de resíduos não reaproveitados a empresas licenciadas, conforme exigido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Os três casos apresentam diferentes níveis de maturidade tecnológica, refletindo estágios distintos na transição para a Logística 4.0. Enquanto a Empresa A ainda depende fortemente de práticas manuais, a Empresa B demonstra automação avançada e integração digital, e a Empresa C se posiciona em um estágio intermediário, combinando tecnologia industrial e controles informatizados. Essa heterogeneidade corrobora a análise de Leite, Olímpio e Muniz (2024), que reconhecem que a incorporação de tecnologias digitais na logística reversa é gradual e depende de fatores como o tipo de resíduo, a viabilidade econômica e o nível de complexidade operacional.

4.2 TECNOLOGIAS NA LOGÍSTICA REVERSA

A análise dos depoimentos revelou que a adoção de tecnologias na logística reversa varia conforme o potencial de valor dos materiais e a capacidade de investimento de cada empresa. Na Empresa A, a automação ainda é incipiente; as operações de triagem e quebra permanecem manuais, mas há uma estrutura consolidada de controle e gestão de dados. O entrevistado afirmou: “não temos tecnologia aplicada diretamente nessa etapa, mas o acompanhamento é feito com base em índices e orçamentos técnicos que vêm do corporativo”. Esse modelo, embora tradicional, evidencia o uso da gestão baseada em indicadores, o que, segundo Oliveira (2024), é um passo essencial para a digitalização gradual dos processos logísticos e para o aprimoramento da eficiência operacional.

Na Empresa B, as tecnologias aplicadas são centrais para a operação. O entrevistado explicou que “a gente trabalha com metalurgia avançada, automação de triagem, trituradores e biotecnologia... o sistema é todo integrado à nossa plataforma digital de logística”. Esse relato demonstra a materialização da chamada Logística Reversa 4.0, caracterizada por conectividade, automação e inteligência analítica (Sun; Yu; Solvang, 2022). Além disso, a adoção da biolixiviação – processo biotecnológico para extração de metais – ilustra o avanço em direção a um modelo de produção circular, conforme defendem Blamco, González e Latour (2025), para quem a integração entre IA e biotecnologia redefine os parâmetros de sustentabilidade industrial.

A Empresa C apresenta um caso de integração moderada de tecnologias. O sistema SAP é utilizado para controle de estoques e movimentação de paletes, e há equipamentos automatizados para reforma. No entanto, o entrevistado reconhece limitações: “a parte de automação total ainda está em fase de projeto; algumas etapas são manuais, mas a gente tem controle via sistema e relatórios mensais”. Esse cenário está em consonância com as observações de Barboza *et al.* (2015), que destacam que os sistemas ERP, embora não criados especificamente para logística reversa, podem desempenhar papel estratégico na integração de processos e no fortalecimento da rastreabilidade.

Em síntese, a análise demonstra que a maturidade tecnológica é diretamente proporcional à complexidade do resíduo e ao potencial econômico de recuperação. Enquanto a Empresa B se posiciona como referência em inovação, as Empresas A e C priorizam sistemas de controle e gestão, confirmando a relação proposta por Azevedo e Souza (2024), segundo os quais o uso de tecnologias na logística reversa deve equilibrar eficiência, custo e sustentabilidade.

4.3 EFICIÊNCIA OPERACIONAL E SUSTENTABILIDADE

As entrevistas evidenciam que as inovações tecnológicas e os métodos de gestão aplicados nas empresas contribuem significativamente para o aumento da eficiência e para o fortalecimento da sustentabilidade empresarial. Na Empresa A, a ausência de automação não compromete a eficácia das operações. O entrevistado enfatizou que “mesmo sendo manual, a gente consegue reduzir desperdício e garantir que todo o vidro seja destinado corretamente”. Essa fala demonstra o papel da gestão sistemática como

elemento de eficiência, o que confirma a análise de Leite, Olímpio e Muniz (2024), segundo os quais a eficiência da logística reversa não depende apenas da tecnologia, mas também da capacidade de planejamento e controle operacional.

Na Empresa B, a combinação de automação e biotecnologia gera resultados expressivos. O entrevistado destacou: “nosso índice de perda é praticamente zero, menos de 0,1%, e conseguimos rastrear tudo pela plataforma”. Essa eficiência operacional se alinha à concepção de Sun, Yu e Solvang (2022), para quem as tecnologias emergentes – como Big Data, IoT e IA – permitem a gestão inteligente de fluxos reversos, reduzindo custos e aumentando a sustentabilidade. Além disso, a abordagem tecnológica adotada pela Empresa B contribui para a prevenção de riscos ambientais, conforme defendido por Silva e Silva (2024), que apontam a inovação tecnológica como ferramenta essencial para o cumprimento das metas ambientais globais e a mitigação de impactos ecológicos.

A Empresa C, embora opere em um modelo parcialmente automatizado, demonstra ganhos relevantes de produtividade e sustentabilidade. O entrevistado relatou: “com a reforma dos paletes, conseguimos reduzir o descarte e economizar na compra de novos. Nosso objetivo é chegar ao descarte zero”. Essa prática reflete os princípios da economia circular e da logística sustentável, discutidos por Hoffmann e Jacques (2021), que ressaltam a importância da reutilização e prolongamento do ciclo de vida dos produtos como estratégia para reduzir a pegada ambiental e os custos operacionais.

Assim, a análise confirma que a eficiência operacional e a sustentabilidade resultam não apenas da automação tecnológica, mas da integração entre tecnologia, gestão e comprometimento ambiental. Mesmo em diferentes estágios de maturidade, as três empresas demonstram que a logística reversa pode se converter em vantagem competitiva e instrumento de sustentabilidade corporativa, conforme destacam Azevedo e Souza (2024).

4.4 IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS

A análise das entrevistas permitiu identificar impactos positivos tanto no âmbito ambiental quanto no econômico. Na Empresa A, a reutilização de vidro e a destinação adequada dos resíduos refletem um compromisso social e ecológico. O analista destacou que “parte do efluente tratado é doado para irrigação de comunidades e o resíduo orgânico é usado em compostagem”. Essa fala exemplifica a dimensão socioambiental da logística reversa, reafirmando a visão de Silva e Godoy (2023), segundo os quais a sustentabilidade empresarial se fortalece quando há integração entre processos produtivos e benefícios sociais.

Na Empresa B, o impacto ambiental positivo é ainda mais evidente. O entrevistado observou que “há diminuição da contaminação do solo e menos gases químicos na natureza, porque usamos um processo limpo”. Além disso, a recuperação de metais gera receitas e reduz a necessidade de extração mineral. Esses resultados corroboram os estudos de Silva *et al.* (2025), que defendem que a adoção de tecnologias limpas e circulares reduz os passivos ambientais e promove retorno econômico sustentável. A Empresa B exemplifica, portanto, o conceito de sustentabilidade integrada descrito por Sun, Yu e Solvang (2022), no qual o uso de tecnologias inteligentes permite alinhar desempenho ambiental e econômico.

A Empresa C também apresenta impactos socioeconômicos relevantes. A reforma e o reaproveitamento de paletes diminuem o consumo de madeira e geram economia na aquisição de novos insumos. O entrevistado afirmou: “a reforma dos paletes reduz custo e evita o desperdício de material”. Além da economia, a empresa mantém empregos diretos na central de reforma e parcerias com empresas licenciadas para o destino dos resíduos, fortalecendo a cadeia de valor sustentável. Essa prática confirma as proposições de Azevedo e Souza (2024) e Streit e Guarnieri (2023), que relacionam a logística reversa tecnológica ao desenvolvimento de economias circulares locais, capazes de gerar renda e preservar recursos naturais.

De modo geral, os três casos revelam uma convergência entre o desempenho ambiental e o retorno econômico, validando a hipótese de que a inovação tecnológica na logística reversa é um vetor de sustentabilidade e competitividade empresarial (Silva; Silva, 2024).

4.5 PERSPECTIVAS FUTURAS

As perspectivas para o futuro da logística reversa nas empresas estudadas demonstram diferentes horizontes de desenvolvimento. A Empresa A não possui planos imediatos de automatizar o processo de triagem, priorizando o aperfeiçoamento dos controles gerenciais e o fortalecimento da conformidade ambiental. O analista comentou que “a prioridade é manter a rastreabilidade e garantir que os compradores tenham licença ambiental”, reforçando o compromisso com a responsabilidade compartilhada prevista na PNRS.

A Empresa B planeja expandir suas operações, automatizar integralmente a planta de reciclagem e ampliar a utilização de plataformas digitais de gestão de resíduos. O entrevistado destacou: “estamos buscando investimento para escalar a operação e levar essa tecnologia para outras regiões”. Essa intenção reflete o movimento descrito por Khan, Islam e Habib (2023), que apontam a digitalização e o uso de inteligência artificial como pilares da nova geração de cadeias logísticas sustentáveis.

Na Empresa C, as perspectivas são de continuidade e aprimoramento gradual. O operador relatou que “há projetos para automatizar etapas da triagem e integrar melhor o SAP às planilhas de controle”, o que demonstra uma visão de evolução contínua e aprendizado organizacional. Esse processo incremental confirma o argumento de Leite, Olímpio e Muniz (2024), de que a transição para a Logística Reversa 4.0 ocorre de forma progressiva, à medida que empresas consolidam resultados operacionais e econômicos positivos.

Quadro 2 – Resumo comparativo (síntese)

ITEM	Empresa A	Empresa B	Empresa C
Nível tecnológico aplicado	Baixo (triagem/ quebra manual; gestão por índices).	Alto (plataforma digital, IA suporte, metalurgia 4.0, biotecnologia patenteadas).	Médio (SAP/Excel; equipamentos industriais; projetos de automação).

ITEM	Empresa A	Empresa B	Empresa C
Indicadores / controle	Índice técnico; budget mensal.	Plataforma digital de logística; métricas de processo; parcerias certificados.	SAP + planilha; produtividade (30 paletes/homem/dia); metas descarte zero.
Impacto ambiental	Venda de vidro moído; doações orgânicas; uso de efluente para irrigação (benefício local).	Diminuição da contaminação do solo; recuperação de metais; alto potencial de mitigação de passivos.	Alto reaproveitamento; descarte legal terceirizado; tentativa de coprocessamento não viável localmente.
Retorno econômico	Receita com subprodutos (venda de vidro).	Potencial alto (lingotes/recuperados); busca por fomento/investimento para planta industrial.	Redução de custo na compra de paletes (médio prazo).

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A seguir, tem-se o capítulo conclusivo do estudo.

5 CONCLUSÃO

O estudo analisou como as inovações tecnológicas aplicadas à logística reversa contribuem para a sustentabilidade empresarial, evidenciando que diferentes níveis de maturidade tecnológica influenciam diretamente a eficiência dos fluxos reversos e o desempenho ambiental das organizações. A partir da análise de três empresas, ficou claro que tanto processos manuais bem geridos quanto sistemas avançados – como metalurgia 4.0, biotecnologia e plataformas digitais – podem favorecer a redução de resíduos, o reaproveitamento de materiais, a economia de recursos e a mitigação de impactos ambientais.

A Empresa A demonstrou que a gestão estruturada e o monitoramento de indicadores permitem resultados consistentes mesmo com baixa automação. A Empresa B evidenciou o potencial das tecnologias emergentes para transformar resíduos em valor econômico e elevar a eficiência a níveis superiores. A Empresa C, com sistemas industriais integrados, mostrou que a otimização tecnológica favorece práticas alinhadas à economia circular.

No campo teórico, o estudo contribui ao mostrar empiricamente como a tecnologia molda os resultados da logística reversa, reforçando sua relação com a economia circular e a sustentabilidade. Do ponto de vista prático, confirma que empresas de diferentes portes podem avançar ao integrar tecnologia, gestão eficiente e responsabilidade ambiental. Entre as limitações, destacam-se o escopo qualitativo e o número reduzido de casos, sugerindo a necessidade de pesquisas futuras que ampliem o universo investigado e adotem métodos mistos ou análises longitudinais.

Conclui-se que a inovação tecnológica é essencial para fortalecer a logística reversa como instrumento de competitividade, eficiência e sustentabilidade, constituindo caminho fundamental para cadeias produtivas mais circulares e resilientes frente às demandas ambientais contemporâneas.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Jefferson Cavalcanti de; SOUZA, Marcelo Dias Silva de. A logística reversa como instrumento de sustentabilidade socioambiental. **Revista Ibero-Americana de Humanidades**, Ciências e Educação, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 192-212, abr. 2024.

BARBOZA, Marinalva Rodrigues; VENDRAMETTO, Oduvaldo; REIS, João Gilberto Mendes; GONÇALVES, Rodrigo Franco. A contribuição dos sistemas de informação para logística reversa: uma pesquisa (survey). **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**, v. 6, supl. 2, p. 1108-1124, abr. 2015.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução: Luís Antero Reto. São Paulo: Edições 70, 2016.

BLAMCO, Sheila Gómez; GONZÁLEZ, Ariday Rodríguez; LATOUR, Rolando Herrero. Potencialidades da Inteligência Artificial na aplicação de estratégias circulares no âmbito da logística reversa. **RELAINEP - Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, Curitiba, v. 13, n. 24, p. 115-135, 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2019. E-book. p.182.

GUARNIERI, Patrícia. Logística sustentável. **Revista Mundo Logística**, Curitiba, ano VI, n. 36, p. 20-22, set./out. 2013.

HOFFMANN, Anelise Todeschini; JACQUES, Jocelise Jacques de. Iniciativas de coleta seletiva e logística reversa em Porto Alegre como base para economia circular. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 19-30, set. 2021.

KHAN, Ziarat Hossain; ISLAM, Gazi Md. Nurul; HABIB, Md. Mamun. Technology-driven supply chain management in readymade garments: a literature review. **International Supply Chain Technology Journal**, v. 9, n. 5, 2023.

LEITE, Ygor Geann dos Santos; OLÍMPIO, Inalda Maria Martins; MUNIZ, Lena Andrea Lima (org.). **Logística integrada: desafios e sinergias nas operações multiníveis**. Belo Horizonte: Poisson, 2024. v 1, cap. 5., p. 60-74.

OLIVEIRA, Regiane Marques Junger de. Transformação da logística através da internet das coisas (IoT): desafios e oportunidades. **Revista Científica Sistemática**, São José dos Pinhais, v. 14, n. 7, p. 478-486, jul. 2024.



SILVA, Ladielson Alves da; SILVA, Luísa Cristina Oliveira. Políticas públicas de resíduos sólidos e inovação tecnológica ambiental: revisão narrativa sobre a implementação da logística reversa. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 10, e29131047002, 2024.

SILVA, Marcos Johari Provezani; GODOY, Ederaldo. Sustentabilidade no gerenciamento de recursos: o papel da economia circular e da logística reversa. **Revista Foco**, Curitiba, v. 16, n. 11, p. 1-17, 2023.

STREIT, Jorge Alfredo Cerqueira; GUARNIERI, Patrícia. Logística reversa e economia circular: alterações recentes nas políticas públicas e o potencial de desenvolvimento. **Revista de Economia Política e Desenvolvimento**, Maceió, v. 14, n. 31, p. 4-28, jan./jul. 2023.

SUN, Xu; YU, Hao; SOLVANG, Wei Deng. *Towards the smart and sustainable transformation of Reverse Logistics 4.0: a conceptualization and research agenda*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, p. 69275–69293, 2022.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

1 Acadêmico do curso de Administração da Universidade Tiradentes – UNIT.
E-mail: almir.rocha@souunit.com.br

2 Acadêmico do curso de Administração da Universidade Tiradentes – UNIT.
E-mail: gleice.maria@souunit.com.br

3 Acadêmico do curso de Administração da Universidade Tiradentes – UNIT.
E-mail: maria.ponciano@souunit.com.br

4 Doutor em Administração – UFBA; Professor do curso de Administração – UNIT.
E-mail: jefferson.comex@hotmail.com

5 Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente – UFS; Professora do curso de Administração – UNIT.
E-mail: isabel.cristina@souunit.com.br

Recebimento: 14/10/2025

Avaliação: 12/12/2025

Aceite: 25/02/2026



<https://periodicos.set.edu.br/cadernohumanas>

** Uma publicação exclusiva para alunos de graduação dos cursos de ciências humanas e sociais da Universidade Tiradentes

Este é um artigo em acesso aberto distribuído nos termos da Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.



Unit UNIVERSIDADE TIRADENTES

EDITORIA UNIVERSITÁRIA
TIRADENTES

 **cadernos de graduação**
ciências humanas e sociais