



C A P Í T U L O 1

LOGÍSTICA REVERSA APLICADA A AGROINDÚSTRIA

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.185112624021>

Julia Naves Teixeira

Cinthia Aparecida Silva

Rafael Carvalho do Lago

Evelize Aparecida Amaral Shashiki

Douglas Machado leite

Dayane Saturnino de Santana

Jean Jader Obando

Katiany Mansur Tavares

Adeilson Carvalho

Gilvano Ebling Brondani

Lourival Marin Mendes

RESUMO: A logística reversa tem se destacado como instrumento estratégico para a gestão sustentável na indústria, especialmente no setor de papel e celulose, onde a geração de resíduos é significativa e demanda soluções estruturadas para reaproveitamento e destinação adequada. Esta pesquisa analisou, por meio de revisão bibliográfica, a estrutura atual da logística reversa nesse setor, considerando práticas industriais, aspectos regulatórios e desafios operacionais relacionados aos fluxos de retorno. Identificou-se que a adoção de sistemas reversos contribui para a redução de impactos ambientais, otimização do uso de matérias-primas e alinhamento às

políticas ambientais vigentes. A indústria de papel e celulose apresenta potencial elevado para reciclagem e reprocessamento, porém enfrenta entraves como a variabilidade da qualidade dos resíduos, limitações na coleta seletiva e necessidade de maior integração entre agentes envolvidos. As práticas eficazes de implementação, como rastreabilidade, padronização de triagem, governança colaborativa e uso de tecnologias informacionais, emergem como fundamentais para fortalecer os fluxos reversos. As análises bibliográficas evidenciam que a logística reversa pode atuar como vetor de competitividade e sustentabilidade, desde que acompanhada por investimentos em infraestrutura, capacitação e inovação.

INTRODUÇÃO

A adoção da logística reversa tem ganhado destaque no ambiente industrial diante das pressões ambientais, sociais e econômicas que impulsionam a transição do modelo linear de produção para modelos circulares. O retorno de produtos e materiais após o uso final tem se tornado indispensável para minimizar impactos ambientais e reduzir a pressão sobre os recursos naturais, especialmente em setores que utilizam matérias-primas de baixo valor agregado, como o papel para embalagens (PEREIRA et al., 2015). Essa mudança estrutural decorre também da elevação dos custos de disposição final de resíduos e da necessidade de ampliar a eficiência dos fluxos logísticos retornáveis, conforme apontado pela literatura especializada.

No caso da indústria de papel e celulose, a logística reversa representa uma estratégia fundamental para o reaproveitamento de fibras e para a redução da dependência de fontes primárias. O setor apresenta elevada participação na economia nacional, sendo reconhecido pela integração entre silvicultura, produção de celulose, fabricação de papéis e reaproveitamento de resíduos (MONTEBELLO; BACHA, 2011). As embalagens de papel, especialmente o papel kraft e o papel ondulado, possuem ampla aplicabilidade e apresentam taxas significativas de retorno ao ciclo produtivo, resultado do potencial de recuperação das aparas e da estrutura consolidada de reciclagem no país.

A gestão dos resíduos industriais relacionados ao papel tem sido debatida em função da necessidade de alinhar práticas produtivas às diretrizes de sustentabilidade. A geração crescente de resíduos sólidos urbanos e industriais exige sistemas de coleta, triagem e reaproveitamento capazes de evitar o descarte inadequado e seus impactos ao meio ambiente (ROSA JUNIOR, 2020).

A rastreabilidade dos fluxos reversos também se mostra essencial para o desempenho da logística reversa no setor de papel. O material pós-consumo apresenta ampla dispersão geográfica e diversidade de origem, o que demanda mecanismos eficazes de monitoramento e controle para assegurar o retorno de resíduos em

condições adequadas de uso (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS APARISTAS DE PAPEL, 2012). A coordenação entre coleta seletiva, aparistas, recicladores e fabricantes contribui para a eficiência operacional, a segurança das informações e a conformidade com as normas ambientais vigentes.

Diante desse cenário, o objetivo desta pesquisa é analisar a estrutura atual da logística reversa na indústria de papel e celulose com base em revisão bibliográfica, buscando compreender seus principais desafios, práticas, limitações e potencialidades. Por meio da análise de estudos acadêmicos e documentos, pretende-se identificar elementos da cadeia reversa e indicar contribuições para o aprimoramento dos processos logísticos e sustentáveis envolvidos.

REREFENCIAL TEÓRICO

Logística reversa na Indústria e Sustentabilidade

A logística reversa consolidou-se como uma disciplina fundamental dentro da gestão da cadeia de suprimentos ao ampliar o foco dos fluxos exclusivamente diretos para incluir o retorno dos produtos ao ciclo produtivo. O conceito evoluiu para abranger atividades voltadas ao reaproveitamento, ao reprocessamento e à disposição adequada de materiais, considerando elementos como planejamento, controle e coordenação de fluxos (LEITE, 2009).

A literatura internacional reconhece a relevância estratégica da logística reversa no contexto industrial. Rogers e Tibben-Lembke (1998) destacam que a gestão estruturada dos fluxos de retorno evoluiu de uma simples movimentação de mercadorias para um fator de vantagem competitiva, especialmente em setores nos quais o volume de resíduos ou devoluções é elevado. Essa visão reforça a importância de integrar a logística reversa aos processos industriais, de forma que ela deixe de ser uma atividade acessória e passe a compor a estratégia operacional das empresas.

A natureza dos fluxos reversos exige sistemas mais robustos que os aplicados na logística direta. Conforme Stock (2001), os processos reversos envolvem alto grau de variabilidade, incerteza quanto ao tempo de retorno, diversidade de materiais e diferenças significativas na qualidade dos itens recuperados. Esse conjunto de desafios demanda investimentos em infraestrutura, mecanismos de inspeção e sistemas de rastreamento capazes de identificar a origem, o estado e o destino adequado dos materiais recolhidos.

Do ponto de vista ambiental, a logística reversa é considerada um instrumento para a transição rumo a modelos produtivos sustentáveis. Romeiro (2012) enfatiza que o desenvolvimento sustentável pressupõe a internalização dos custos ambientais

nos processos produtivos, o que inclui práticas de recuperação e reaproveitamento de resíduos industriais.

No campo regulatório, a pressão por conformidade ambiental reforça a adoção de sistemas de retorno de materiais pelas empresas. Govidan et al. (2012) afirmam que a logística reversa pós-consumo inicia-se no usuário final, envolvendo decisões relativas ao reuso, reciclagem e refabricação, o que demonstra sua forte conexão com políticas públicas ambientais. O alinhamento entre legislação, práticas empresariais e comportamento do consumidor torna-se fundamental para o funcionamento adequado desses sistemas.

Adicionalmente, a eficiência da logística reversa depende da integração entre os agentes da cadeia produtiva. Meade e Sarkis (2002) argumentam que a viabilidade do reaproveitamento de materiais está diretamente associada à capacidade da cadeia de suprimentos de atender às necessidades dos consumidores do material reciclado, sobretudo no que se refere à qualidade e padronização. A cooperação entre fabricantes, distribuidores, recicladores e consumidores é, portanto, indispensável para o fortalecimento de cadeias reversas sustentáveis.

Destinação de Resíduos na Indústria de Papel e Celulose

A indústria de papel e celulose está entre os setores industriais que mais geram resíduos, uma vez que seus processos produtivos envolvem extração de matéria-prima vegetal, beneficiamento químico e etapas de transformação que resultam em subprodutos sólidos, líquidos e gasosos. Monteiro et al. (2001) destacam que resíduos industriais de natureza fibrosa, orgânica e química exigem tratamento adequado para evitar efeitos adversos no solo, na água e no ar. Dessa forma, a destinação desses materiais demanda sistemas integrados de gestão capazes de minimizar impactos e promover reaproveitamento sempre que possível.

Com o avanço das políticas ambientais, especialmente após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a destinação adequada dos resíduos passou a envolver não apenas as indústrias, mas também consumidores, fornecedores e o poder público. O Ministério do Meio Ambiente aponta que os resíduos industriais devem seguir processos de segregação, movimentação, tratamento e disposição final conforme critérios ambientais rigorosos (MMA, 2015). Na indústria de papel e celulose, isso inclui o gerenciamento de lodos, cinzas de caldeiras, aparas contaminadas e rejeitos de processos químicos, considerando padrões de segurança e normas operacionais.

A crescente preocupação com a sustentabilidade tem incentivado o setor a buscar formas alternativas de reaproveitamento dos resíduos. Nagalli (2014) observa que resíduos celulósicos apresentam potencial para serem reutilizados na construção civil,

como em materiais cimentícios, tijolos ecológicos e artefatos compósitos, reduzindo a necessidade de matérias-primas virgens. Esse tipo de reaplicação agrega valor aos resíduos e contribui para o desenvolvimento de soluções ambientalmente mais eficientes, alinhadas ao conceito de economia circular.

Além do reaproveitamento material, a gestão de resíduos no setor de papel e celulose também envolve o aprimoramento dos processos logísticos relacionados ao manejo, transporte e armazenamento dos resíduos. Santaella et al. (2014) explicam que o gerenciamento adequado exige planejamento e controle dos fluxos internos e externos, garantindo que os resíduos não se acumulem em áreas industriais e sejam encaminhados a locais licenciados. Isso exige integração entre equipes operacionais, sistemas de informação e mecanismos de rastreabilidade, assegurando conformidade ambiental e eficiência no processo produtivo.

Por fim, o debate sobre a destinação de resíduos na indústria de papel e celulose destaca a necessidade de alinhamento entre práticas produtivas, legislação ambiental e inovação tecnológica. Romeiro (2012) ressalta que o desenvolvimento sustentável somente se concretiza quando as empresas internalizam os custos ambientais e adotam práticas de redução, reutilização e reciclagem. Assim, a destinação de resíduos torna-se não apenas um requisito legal, mas também um diferencial competitivo para as organizações que buscam fortalecer sua responsabilidade socioambiental e sua eficiência operacional.

Implementação de Logística Reversa

A implementação de sistemas de logística reversa nas organizações depende da adoção de práticas estruturadas que envolvem planejamento, padronização de processos e integração entre os diferentes elos da cadeia de suprimentos. Segundo Novaes (2015), a criação de fluxos logísticos reversos requer alinhamento estratégico entre os setores de produção, distribuição e gestão ambiental, assegurando que o retorno dos materiais seja economicamente viável e tecnicamente eficiente. Esse alinhamento permite que as empresas monitorem o ciclo de vida de seus produtos e desenvolvam mecanismos para recuperar valor por meio da reciclagem, do reuso ou da remanufatura.

Outro aspecto relevante para a implementação da logística reversa é o estabelecimento de sistemas de coleta e triagem capazes de lidar com a variabilidade dos resíduos retornados. De acordo com Monteiro et al. (2001), práticas eficientes de segregação na fonte, armazenamento temporário e transporte adequado são essenciais para garantir a qualidade dos materiais destinados ao reaproveitamento. A correta classificação dos resíduos reduz custos operacionais, facilita o reprocessamento e evita contaminações que comprometam seu retorno ao ciclo produtivo. Assim,

processos padronizados e bem documentados tornam-se indispensáveis para assegurar eficiência.

A governança e a participação coletiva também têm papel central nas práticas de logística reversa. Marín-Aranguren e Trejos-Mateus (2019) afirmam que redes colaborativas, envolvendo organizações públicas, privadas e civis, fortalecem a capacidade de recuperação de resíduos ao compartilharem responsabilidades e recursos necessários para operacionalizar sistemas reversos. Essa cooperação é especialmente importante em setores que dependem de materiais altamente dispersos, uma vez que permite articular ações de coleta, tratamento e reaproveitamento de maneira coordenada.

A adoção de tecnologias de rastreabilidade e sistemas de informação é outro elemento fundamental para a implementação eficaz da logística reversa. Segundo Santaella et al. (2014), o monitoramento contínuo dos resíduos, desde sua geração até sua destinação final, contribui para aumentar a confiabilidade dos processos, reduzir perdas e atender às exigências legais. Ferramentas digitais garantem transparência, facilitam auditorias e ampliam o controle gerencial, permitindo que as empresas tomem decisões orientadas por dados quanto à otimização das rotas e dos métodos de recuperação.

Por fim, a capacitação dos agentes envolvidos e a educação ambiental são componentes essenciais para consolidar práticas de logística reversa. Nações Unidas Brasil (2020) destaca que a mudança de comportamento dos consumidores, colaboradores e empresas depende de ações de sensibilização e formação contínua, reforçando a importância de processos educativos para garantir adesão e corresponsabilidade. Dessa forma, a implementação da logística reversa deixa de ser uma ação isolada e passa a constituir parte de uma cultura organizacional orientada para a sustentabilidade e para o desenvolvimento responsável.

Análises de contexto de aplicação de logística reversa na indústria

Diversos estudos evidenciam que empresas que estruturam fluxos reversos obtêm ganhos expressivos em eficiência operacional e redução de custos relacionados ao descarte e reposição de materiais. Segundo Fernandes et al. (2018) a logística reversa tornou-se instrumento fundamental para valorização de resíduos e recuperação de produtos, permitindo às organizações capturar valor econômico em bens que, anteriormente, seriam destinados a aterros ou incineração.

Alguns setores industriais se destacam pela maturidade de seus sistemas reversos. Na indústria eletroeletrônica, programas de coleta e remanufatura de equipamentos têm permitido reduzir a disposição inadequada de resíduos e reforçar a imagem socioambiental das marcas, conforme apontam Gonçalves-Dias e Teodósio

(2006). No setor automotivo, empresas implantaram processos de remanufatura de componentes, aumentando a vida útil de peças e diminuindo a dependência de matérias-primas virgens (KRUMWIEDE; SHEU, 2002). Tais casos demonstram que o retorno estruturado de produtos pode criar vantagens competitivas diretas.

No segmento de embalagens, iniciativas de reciclagem pós-consumo mostram resultados significativos. Empresas têm investido em redes de coleta, parcerias com cooperativas e sistemas de rastreamento para assegurar o retorno dos materiais ao ciclo produtivo. Leite (2006) destaca que a reciclagem de embalagens representa um dos fluxos reversos mais consolidados no Brasil, dada a existência de infraestrutura ampla e capacidades industriais estabelecidas.

A literatura também apresenta casos nos quais empresas alcançaram benefícios tangíveis com a implementação de logística reversa, como redução de custos logísticos, economia com embalagens e maior controle sobre resíduos gerados. Adlmaier e Sellitto (2007) descrevem um caso em que a implantação de um sistema reverso resultou em diminuição expressiva do consumo de materiais e maior flexibilidade frente às exigências regulatórias. Já Epelbaum (2004) ressalta que iniciativas de retorno de produtos podem elevar a satisfação do cliente ao proporcionar canais formais para devoluções e trocas.

Por fim, estudos recentes evidenciam que setores intensivos em recursos, como o de papel e celulose, têm aumentado o interesse em práticas reversas para recuperar fibras, resíduos industriais e subprodutos aplicáveis na cadeia. Embora o amadurecimento desses sistemas ainda esteja em desenvolvimento, experiências internacionais demonstram que fluxos reversos bem estruturados elevam o desempenho ambiental das plantas industriais e reduzem custos associados ao manejo de resíduos (MARÍN-ARANGUREN; TREJOS-MATEUS, 2019).

Dispêndios de implementação e regulamentação de cadeias cíclicas

A implementação de cadeias logísticas cíclicas exige investimentos financeiros, tecnológicos e organizacionais que variam conforme o setor produtivo e o nível de complexidade dos fluxos reversos. Leite (2009) destaca que os principais custos envolvem a criação de mecanismos de coleta, triagem, transporte reverso, processamento dos materiais retornados e adequação das instalações industriais. Além disso, Fernandes et al. (2018) apontam que a incerteza quanto à quantidade e qualidade dos materiais recuperados aumenta o custo operacional e demanda planejamento robusto.

Do ponto de vista regulatório, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece responsabilidades compartilhadas entre empresas, governo e consumidores, o que implica custos adicionais para adequação jurídica e atendimento

às exigências de rastreabilidade e destinação final (MMA, 2015). O cumprimento dessas obrigações requer investimentos em sistemas de informação, monitoramento de indicadores e capacitação operacional. Kaplan e Norton (1997) apontam que tais exigências demandam sistemas de mensuração de desempenho capazes de integrar fatores econômicos, ambientais e sociais.

Além dos custos diretos, a literatura indica a existência de custos indiretos associados à gestão de canais reversos. Esses incluem despesas com comunicação entre partes interessadas, treinamento de equipes, adaptação de fornecedores e desenvolvimento de processos padronizados para assegurar a integridade dos materiais retornados (NEELY, 2002). Em muitos casos, a falta de conhecimento técnico e a ausência de especialistas em logística reversa dificultam a consolidação de sistemas eficientes, aumentando despesas e prazos de implantação.

Entretanto, o cumprimento das regulamentações ambientais e a implantação de cadeias cíclicas trazem benefícios econômicos e competitivos a médio e longo prazo. Brito e Dekker (2002) defendem que a circularidade pode reduzir custos de aquisição de matérias-primas, minimizar desperdícios e elevar o valor agregado dos produtos retornados. Do ponto de vista ambiental, Shaik e Abdul-Kader (2014) ressaltam que a conformidade regulatória colabora para a proteção dos recursos naturais e fortalecimento da imagem corporativa.

Em síntese, embora a implementação de cadeias logísticas cíclicas envolva custos significativos, sua consolidação tende a gerar retornos financeiros e ambientais superiores aos investimentos iniciais. A regulamentação, quando aliada a modelos de gestão eficientes, atua como mecanismo indutor para inovação, redução de passivos ambientais e alinhamento das empresas às práticas de sustentabilidade que vêm sendo demandadas globalmente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa permitiu compreender que a logística reversa desempenha papel estratégico na indústria, especialmente no setor de papel e celulose, ao fortalecer práticas de sustentabilidade, otimizar o uso de recursos e reduzir impactos ambientais associados ao descarte inadequado de resíduos. Observou-se que a implementação de sistemas reversos exige integração entre processos produtivos, infraestrutura logística, governança compartilhada e conformidade com a legislação ambiental vigente. Também se identificou que o setor de papel e celulose possui potencial expressivo de reaproveitamento de materiais, mas ainda enfrenta desafios relacionados à eficiência da coleta, à qualidade dos resíduos retornados e à necessidade de ampliação de tecnologias de rastreamento e triagem. Para pesquisas futuras, recomenda-se aprofundar estudos sobre o uso de tecnologias digitais aplicadas à rastreabilidade

em cadeias reversas, avaliar modelos de logística circular intersetorial e analisar indicadores de desempenho ambiental e econômico que permitam mensurar com maior precisão os benefícios da logística reversa para a indústria.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e institucional que viabilizou o desenvolvimento desta pesquisa e a elaboração deste capítulo. O suporte concedido por essas agências de fomento foi fundamental para a consolidação das atividades científicas aqui apresentadas.

REFRÊNCIAS

ADLMAIER, D.; SELLITTO, M. A. Avaliação de práticas de logística reversa: estudo de caso em empresa brasileira. *Revista Produção*, 2007.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS APARISTAS DE PAPEL. *Relatório Anual ANAP*. São Paulo, 2012.

BRASIL. *Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/2010*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

BRITO, M. P.; DEKKER, R. Reverse Logistics: A Framework. *Econometric Institute Report*, Rotterdam School of Management, 2002.

EPELBAUM, M. Avaliação econômica de programas de logística reversa. *RAE – Revista de Administração de Empresas*, 2004.

FERNANDES, R. V. et al. Logística reversa como instrumento de valorização de resíduos. *Brazilian Journal of Development*, 2018.

GONÇALVES-DIAS, S. L. F.; TEODÓSIO, A. S. S. Logística reversa e sustentabilidade: estudo em empresas brasileiras. *Revista de Administração Mackenzie*, 2006.

GOVIDAN, K.; SOLEIMANI, H.; KANNAN, D. Reverse logistics and sustainable supply chain: A review. *Journal of Cleaner Production*, 2012.

KAPLAN, R.; NORTON, D. *A estratégia em ação: Balanced Scorecard*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KRUMWIEDE, D.; SHEU, C. A model for reverse logistics entry by third-party providers. *Omega*, 2002.

LEITE, P. R. *Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LEITE, P. R. *Canais de Distribuição Reversos: Teoria e Prática*. São Paulo: Saraiva, 2006.

MARÍN-ARANGUREN, E. M.; TREJOS-MATEUS, F. D. Sociedad civil en red y gobernanza de la Agenda 2030. *Revista Departamento de Ciencia Política*, n. 15, p. 91-117, 2019.

MEADE, L.; SARKIS, J. Strategic analysis of logistics and supply chain management systems using the analytic network process. *Transportation Research*, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos*. Brasília, 2015.

MONTEBELLO, M. E.; BACHA, C. J. C. Cadeia produtiva do papel e celulose no Brasil. *Revista O Papel*, 2011.

MONTEIRO, J. H. et al. *Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

NAGALLI, A. *Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. *Na linha de largada da Década da Ação*. Brasília, 2020.

NEELY, A. *Business Performance Measurement*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

NOVAES, A. G. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição*. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

PEREIRA, H. N.; LUNA, M. M. M.; NUNES, I. M. L.; FOOK, A. V. L. *As atividades da logística reversa e a cadeia de suprimentos do papel para embalagem*. Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. Reno: University of Nevada, 1998.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica.

Estudos Avançados, v. 26, n. 74, p. 65-92, 2012.

ROSA JUNIOR, A. J. *Avaliação da reutilização de embalagem de papel Kraft pós-consumo na construção civil*. 2020.

SANTAELLA, S. T. et al. *Resíduos sólidos e a atual política ambiental brasileira*. Fortaleza: UFC/LABOMAR/NAVE, 2014.

SHAIK, A.; ABDUL-KADER, W. K. A. Comprehensive performance measurement system for reverse logistics enterprise. *Journal of Cleaner Production*, 2014.

STOCK, J. R. Reverse logistics in the supply chain. *Transports & Logistics*, June 2001.