

LOGÍSTICA REVERSA NO DESCARTE DE PALLETS DE MADEIRA: POTENCIAL PARA GERAÇÃO DE BIOMASSA E SUSTENTABILIDADE OPERACIONAL

REVERSE LOGISTICS IN THE DISPOSAL OF WOODEN PALLETS: POTENTIAL FOR BIOMASS GENERATION AND OPERATIONAL SUSTAINABILITY

LOGÍSTICA INVERSA EN LA DISPOSICIÓN DE PALLETS DE MADERA: POTENCIAL PARA LA GENERACIÓN DE BIOMASA Y SOSTENIBILIDAD OPERATIVA



10.56238/MultiCientifica-050

Fernando Rodrigo Souza

Especialista em Engenharia da Qualidade Integrada e Lean Manufacturing

Instituição: Faculdade de Tecnologia de Sorocaba

E-mail: fernandorodrigosouza4@gmail.com

RESUMO

A crescente materialização dos passivos ambientais associados às dinâmicas produtivas industriais tem compelido as organizações a reconfigurarem seus sistemas de gestão, incorporando abordagens que transcendam o descarte convencional e priorizem a racionalização dos fluxos materiais e operacionais. Inserida nesse cenário de reavaliação estrutural, a logística reversa consolida-se como um mecanismo estratégico capaz de reintroduzir materiais anteriormente descontinuados nos circuitos produtivos, ao mesmo tempo em que tensiona o modelo linear de produção e favorece arranjos compatíveis com a lógica circular. Este estudo propõe-se a examinar criticamente a operacionalização da logística reversa no descarte de pallets de madeira em uma organização do setor automobilístico sediada em Sorocaba, enfatizando a possibilidade de reconversão desse resíduo em biomassa destinada ao aproveitamento energético. A investigação estrutura-se sob uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório-descritivo, valendo-se do estudo de caso como estratégia metodológica central para a apreensão do fenômeno analisado. O processo de obtenção dos dados fundamentou-se na análise de documentos institucionais, na observação in loco das rotinas logísticas e na realização de entrevistas semiestruturadas com agentes diretamente vinculados à gestão e ao manuseio dos pallets. A triangulação dessas fontes permitiu compreender os fluxos operacionais, identificar limitações no modelo atual de destinação e avaliar oportunidades de reaproveitamento energético. Os achados revelam que a organização elimina semanalmente uma quantidade expressiva de pallets de madeira em função do desgaste inerente aos ciclos operacionais, o que resulta simultaneamente em oneração financeira e subaproveitamento de recursos materiais. A análise evidencia que a madeira residual apresenta elevado potencial de aproveitamento como biomassa, podendo ser transformada em cavacos ou pellets para uso em sistemas de combustão industrial. A proposta de reestruturação do fluxo de destinação, fundamentada na logística reversa, demonstra potencial para reduzir impactos ambientais, diminuir custos operacionais e gerar valor econômico. Conclui-se que a incorporação estruturada da logística reversa orientada à conversão de pallets inutilizados em biomassa constitui uma solução tecnicamente consistente, ambientalmente adequada e economicamente justificável.

Palavras-chave: Logística Reversa. Pallets de Madeira. Biomassa. Sustentabilidade. Economia Circular.



ABSTRACT

The increasing materialization of environmental liabilities associated with industrial production dynamics has compelled organizations to reconfigure their management systems, incorporating approaches that transcend conventional disposal and prioritize the rationalization of material and operational flows. Within this scenario of structural reassessment, reverse logistics is consolidating itself as a strategic mechanism capable of reintroducing previously discontinued materials into production circuits, while simultaneously challenging the linear production model and favoring arrangements compatible with circular logic. This study proposes to critically examine the operationalization of reverse logistics in the disposal of wooden pallets in an organization in the automotive sector based in Sorocaba, emphasizing the possibility of reconverting this waste into biomass for energy recovery. The investigation is structured under a qualitative, exploratory-descriptive approach, using the case study as a central methodological strategy for understanding the phenomenon analyzed. The data collection process was based on the analysis of institutional documents, on-site observation of logistical routines, and semi-structured interviews with agents directly involved in the management and handling of pallets. The triangulation of these sources allowed for an understanding of operational flows, identification of limitations in the current disposal model, and evaluation of opportunities for energy recovery. The findings reveal that the organization eliminates a significant number of wooden pallets weekly due to wear and tear inherent in operational cycles, resulting simultaneously in financial burden and underutilization of material resources. The analysis shows that residual wood has high potential for use as biomass, and can be transformed into wood chips or pellets for use in industrial combustion systems. The proposed restructuring of the disposal flow, based on reverse logistics, demonstrates potential to reduce environmental impacts, decrease operational costs, and generate economic value. It is concluded that the structured incorporation of reverse logistics oriented towards the conversion of unusable pallets into biomass constitutes a technically sound, environmentally appropriate, and economically justifiable solution.

Keywords: Reverse Logistics. Wooden Pallets. Biomass. Sustainability. Circular Economy.

RESUMEN

La creciente materialización de pasivos ambientales asociados a la dinámica de la producción industrial ha obligado a las organizaciones a reconfigurar sus sistemas de gestión, incorporando enfoques que trascienden la disposición convencional y priorizan la racionalización de los flujos de materiales y operativos. En este escenario de reevaluación estructural, la logística inversa se consolida como un mecanismo estratégico capaz de reintroducir materiales previamente descontinuados en los circuitos de producción, a la vez que desafía el modelo de producción lineal y favorece acuerdos compatibles con la lógica circular. Este estudio propone examinar críticamente la operacionalización de la logística inversa en la disposición de pallets de madera en una organización del sector automotriz con sede en Sorocaba, enfatizando la posibilidad de reconvertir estos residuos en biomasa para la recuperación energética. La investigación se estructura bajo un enfoque cualitativo, exploratorio-descriptivo, utilizando el estudio de caso como estrategia metodológica central para comprender el fenómeno analizado. El proceso de recolección de datos se basó en el análisis de documentos institucionales, la observación in situ de rutinas logísticas y entrevistas semiestructuradas con agentes directamente involucrados en la gestión y manipulación de pallets. La triangulación de estas fuentes permitió comprender los flujos operativos, identificar las limitaciones del modelo actual de disposición y evaluar las oportunidades de recuperación energética. Los hallazgos revelan que la organización elimina semanalmente un número significativo de pallets de madera debido al desgaste inherente a los ciclos operativos, lo que genera simultáneamente una carga financiera y una subutilización de recursos materiales. El análisis muestra que la madera residual tiene un alto potencial de uso como biomasa y puede transformarse en astillas o pellets de madera para su uso en sistemas de combustión industrial. La reestructuración propuesta del flujo de disposición, basada en la logística inversa, demuestra



potencial para reducir el impacto ambiental, disminuir los costos operativos y generar valor económico. Se concluye que la incorporación estructurada de la logística inversa orientada a la conversión de pallets inutilizables en biomasa constituye una solución técnicamente sólida, ambientalmente apropiada y económicamente justificable.

Palabras clave: Logística Inversa. Pallets de Madera. Biomasa. Sostenibilidad. Economía Circular.





1 INTRODUÇÃO

A ampliação do debate científico e institucional em torno dos impactos ambientais inerentes às atividades industriais tem provocado uma revisão crítica dos arranjos produtivos e logísticos tradicionalmente adotados pelas organizações, buscando práticas que promovam a conservação de recursos naturais e a responsabilidade socioambiental. Evidências empíricas acumuladas na literatura indicam que a economia mundial permanece fortemente ancorada em matrizes energéticas de origem fóssil, o que tem agravado as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera e impulsionado o aquecimento global, resultando em consequências mensuráveis para os sistemas naturais e sociais (Relatório do IPCC; *Intergovernmental Panel on Climate Change*), a literatura científica considera atualmente este um consenso científico sobre as causas antropogênicas das mudanças climáticas (Mallick *et al.*, 2023).

Nesse cenário, a logística reversa passa a ocupar posição central no debate sobre a sustentabilidade das cadeias de suprimentos, ao articular dimensões operacionais, ambientais e estratégicas, uma vez que articula a recuperação, reciclagem e reinserção de materiais nos processos produtivos, reduzindo a geração de resíduos e promovendo a eficiência no uso de recursos. Revisões sistemáticas mostram que a logística reversa é intrinsecamente conectada às práticas da economia circular, contribuindo para a redução de impactos ambientais e para a melhoria do desempenho ambiental e econômico nas organizações (Salas-Navarro *et al.*, 2025)

No contexto industrial, os *pallets* de madeira configuram-se como artefatos logísticos recorrentes, desempenhando papel estrutural nas operações de movimentação e armazenagem de cargas, mas apresentam vida útil limitada devido ao desgaste operacional. A inexistência de estratégias sistematizadas para o reaproveitamento desses materiais acarreta não apenas o desperdício de recursos com elevado potencial residual, mas também a ampliação dos custos associados à gestão de resíduos sólidos. A literatura de bioenergia destaca que resíduos lignocelulósicos, como a madeira residual, possuem elevado potencial de conversão em biomassa energética, sendo capazes de substituir fontes não renováveis e contribuir para a mitigação de emissões quando utilizados em processos térmicos ou de geração energética (Koc-Jurczyk *et al.*, 2024).

As evidências analisadas demonstram que a aplicação da logística reversa ao descarte de *pallets*, orientada à geração de biomassa, apresenta convergência substantiva com os princípios normativos estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), reforçando o potencial da proposta como instrumento de sustentabilidade ambiental, eficiência operacional e conformidade legal, já que a transformação da madeira dos *pallets* inutilizados em biomassa configura alternativa compatível com tais princípios ao promover a valorização dos resíduos, reduzir a destinação final inadequada e incentivar o aproveitamento energético de materiais previamente descartados.



O arranjo operacional atualmente praticado pela organização, baseado predominantemente no armazenamento passivo de *pallets* danificados e em sua remoção posterior por prestadores de serviços externos, mostra-se restritivo e desalinhado em relação às abordagens contemporâneas de gestão sustentável de resíduos. Ao ser analisada à luz dos princípios normativos instituídos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), tal prática evidencia fragilidades significativas no atendimento à hierarquia de prioridades preconizada pelo marco legal, que enfatiza, em primeiro plano, a não geração de resíduos, seguida pela sua reutilização e, posteriormente, pela reciclagem. Nessa perspectiva, a estratégia em vigor limita-se a um modelo reativo de descarte, desprovido de instrumentos voltados à valorização dos materiais ou à reintegração dos *pallets* a novos ciclos de uso produtivo, o que compromete tanto a eficiência operacional quanto a conformidade ambiental e legal da organização.

No contexto do setor madeireiro e das cadeias associadas à produção de biomassa, investigações recentes têm ressaltado a relevância de estratégias de *upcycling* e de recuperação qualificada de resíduos de madeira, que extrapolam a lógica da reciclagem convencional ao viabilizar a geração de produtos com maior valor agregado ou seu aproveitamento energético, em consonância com os princípios da economia circular e da gestão sustentável das cadeias de suprimentos (Mojica *et al.*, 2025).

A incorporação sistemática da logística reversa ao processo de destinação de *pallets*, portanto, cria condições para a adoção de práticas produtivas orientadas por maior racionalidade ambiental e eficiência no uso de recursos. Estudos comparativos exploram a evolução das práticas reversas antes e depois da implementação de políticas públicas relevantes, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), e demonstram como essas práticas podem ser operacionalizadas para impulsionar a transição de modelos lineares para modelos circulares de produção e consumo (Aguirre Rodríguez *et al.*, 2025).

Adicionalmente, a literatura enfatiza que a logística reversa combinada à economia circular pode gerar benefícios ambientais, sociais e econômicos, pois amplia a reutilização de materiais, estimula a inovação em modelos de negócio e fortalece a sustentabilidade organizacional em diversos setores industriais (Scrioșteanu e Criveanu, 2023).

Conforme premissas teóricas e empíricas, este trabalho propõe-se a examinar o processo de descarte de *pallets* de madeira em uma empresa do setor automobilístico, avaliando a viabilidade da logística reversa como instrumento de reconfiguração desse fluxo, para transformar a madeira inutilizada em biomassa energética. Pretende-se evidenciar de que maneira essa estratégia é capaz de produzir ganhos ambientais e econômicos de forma integrada, reforçando sua pertinência no contexto industrial contemporâneo, reafirmando o compromisso organizacional com práticas produtivas sustentáveis e alinhadas às demandas contemporâneas por responsabilidade ambiental.



2 METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de natureza exploratória e descritiva, adotando o método do estudo de caso, adequado à investigação de fenômenos contemporâneos inseridos em contextos organizacionais específicos. Conforme Yin (2015), essa estratégia metodológica permite a compreensão aprofundada de processos complexos, preservando a relação entre o fenômeno analisado e seu contexto real.

A unidade de análise corresponde a uma empresa do setor automobilístico localizada em Sorocaba, selecionada em função do elevado volume de *pallets* de madeira utilizados em suas operações logísticas. A coleta de dados foi realizada por meio de triangulação metodológica, contemplando análise documental, observação direta das operações logísticas e entrevistas semiestruturadas com profissionais envolvidos na gestão e no manuseio dos *pallets*, conforme recomenda a literatura metodológica clássica para estudos qualitativos (Gil, 2019; Minayo, 2014).

A análise dos dados foi conduzida de forma interpretativa, articulando as evidências empíricas ao referencial teórico sobre logística reversa, biomassa e sustentabilidade industrial, o que possibilitou a identificação de limitações, oportunidades e proposições alinhadas aos princípios da economia circular.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados decorrem de um estudo de caso conduzido em uma empresa do setor automobilístico localizada em Sorocaba, fundamentado na análise documental, na observação direta das operações logísticas e na realização de entrevistas semiestruturadas com profissionais diretamente envolvidos na gestão e no manuseio dos *pallets* de madeira. A triangulação dessas fontes permitiu compreender, de forma aprofundada, tanto os fluxos operacionais quanto os critérios atualmente adotados para a destinação das unidades danificadas, bem como as limitações e oportunidades associadas a esse processo.

As evidências empíricas indicam que a empresa opera com volume expressivo de *pallets* de madeira empregados no transporte de motores e componentes automotivos. De acordo com documentos internos e informações obtidas nas entrevistas, aproximadamente trezentas unidades ingressam semanalmente no sistema logístico da organização. Desse total, cerca de setenta *pallets* tornam-se impróprios para reutilização, em razão do desgaste provocado por sucessivos ciclos operacionais. Considerando-se a massa média estimada de cada *pallet*, em torno de vinte e três quilogramas, estima-se a geração aproximada de uma tonelada e meia de resíduos de madeira por semana, o que evidencia não apenas a relevância ambiental do problema, mas também o potencial energético associado a esse volume de material.



No que se refere à destinação desses *pallets*, constatou-se que o procedimento atualmente adotado se baseia no acúmulo das unidades inutilizadas e na posterior contratação de empresas terceirizadas para sua remoção, sem a adoção de critérios sistematizados de reaproveitamento. Tal prática implica custos operacionais elevados e revela a ausência de diretrizes orientadas pela sustentabilidade, configurando um modelo típico de sistemas logísticos que não incorporam a logística reversa como instrumento de eficiência, racionalidade ambiental e geração de valor. As entrevistas também evidenciaram a inexistência de processos formais de triagem e de reaproveitamento de componentes ainda funcionais, o que contribui para o aumento do desperdício de matéria-prima e para a subutilização de recursos com elevado potencial residual.

A análise dos dados empíricos, articulada à literatura especializada, demonstra que a madeira presente nos *pallets* descartados apresenta elevado potencial de aproveitamento energético, sobretudo por se tratar de material lignocelulósico com características adequadas à conversão em biomassa. A biomassa de origem vegetal é reconhecida como fonte de energia renovável, capaz de substituir combustíveis de origem fóssil em processos industriais, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a diversificação da matriz energética. No caso específico dos *pallets* de madeira, após o encerramento de sua vida útil logística, o material pode ser submetido a processos de trituração e beneficiamento, originando cavacos ou *pellets* com elevado poder calorífico, passíveis de utilização em caldeiras, fornos industriais e sistemas de geração de energia térmica.

Nesse sentido, identificou-se, a partir do estudo de caso, que os *pallets* inutilizados poderiam ser encaminhados a empresas especializadas em reciclagem e trituração de madeira, viabilizando sua conversão em biomassa energética. Essa alternativa apresenta dupla vantagem: por um lado, evita o descarte inadequado de resíduos sólidos, reduzindo a pressão sobre aterros; por outro, transforma um passivo ambiental em insumo energético, alinhando-se aos princípios da economia circular e da valorização de resíduos.

Com base nos achados empíricos, foi elaborada uma proposta de reestruturação do fluxo operacional para a gestão dos *pallets* descartados. Essa proposta contempla a segregação das unidades inutilizadas, o armazenamento temporário em áreas adequadas, o transporte para empresas devidamente habilitadas e a subsequente transformação da madeira em biomassa. Tal reorganização apresenta potencial para reduzir impactos ambientais, ampliar o uso de fontes energéticas renováveis e diminuir custos associados à destinação convencional dos resíduos. Do ponto de vista econômico, destaca-se ainda a possibilidade de geração de receita ou compensação financeira por meio da comercialização da madeira triturada como insumo energético.

De modo geral, os achados confirmam que a aplicação da logística reversa ao caso estudado não apenas mitiga impactos ambientais, mas também promove o aproveitamento energético de resíduos, encontrando-se plenamente alinhada aos princípios da economia circular e às práticas



sustentáveis discutidas na literatura, que enfatizam a reintegração de resíduos aos ciclos produtivos como estratégia para a mitigação de impactos ambientais e para a promoção da sustentabilidade no setor industrial.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou que a adoção de práticas estruturadas de logística reversa no descarte de *pallets* de madeira configura-se como alternativa estratégica para a promoção da sustentabilidade operacional no contexto industrial analisado. A partir do estudo de caso realizado em uma empresa do setor automobilístico localizada em Sorocaba, foi possível identificar que o modelo atualmente empregado para a destinação desses resíduos apresenta limitações do ponto de vista ambiental e econômico, ao não contemplar o reaproveitamento do potencial energético da madeira descartada.

Os achados demonstraram que a quantidade expressiva de *pallets* inutilizados semanalmente representa não apenas um passivo ambiental relevante, mas também uma oportunidade concreta de geração de valor por meio da conversão da madeira em biomassa. Essa alternativa permite transformar um resíduo sólido em insumo energético renovável, contribuindo para a redução do consumo de combustíveis fósseis, para a mitigação de impactos ambientais e para o uso mais racional dos recursos naturais.

Sob a perspectiva da logística reversa, a reestruturação do fluxo de destinação dos *pallets* possibilita a integração da gestão de resíduos às estratégias operacionais da empresa, promovendo ganhos de eficiência, redução de custos associados ao descarte convencional e fortalecimento das práticas de responsabilidade socioambiental. Ademais, a valorização energética dos *pallets* alinha-se aos princípios da economia circular, ao reinserir resíduos em novos ciclos de uso e ampliar sua vida útil funcional.

Conclui-se que a prática analisada apresenta potencial para ser replicada em outras organizações que enfrentam desafios semelhantes relacionados à gestão de resíduos de madeira, especialmente em setores industriais com elevado consumo de *pallets*. A ampliação de iniciativas dessa natureza tende a contribuir para a consolidação de modelos produtivos mais responsáveis, inovadores e coerentes com as exigências ambientais contemporâneas, reforçando o papel da logística reversa como instrumento fundamental para a construção de um desenvolvimento econômico sustentável.



REFERÊNCIAS

- AGUIRRE RODRÍGUEZ, E. C et al. Reverse Logistics and the Circular Economy: A study before and after the implementation of the National Solid Waste Policy in Brazil. *Recycling*, v. 9, n. 4, p. 64, 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/2313-4321/9/4/64?utm_source. Acesso em: 13 dez. 2025.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 13 dez. 2025.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- KOC-JURCZYK, J.; JURCZYK, Ł.; PODOLAK, A. Bio-waste in reverse logistics - various size cities on the example of south-eastern Poland. *Architecture, Civil Engineering, Environment*, v. 17, n. 1, p. 91–104, 2024. Disponível em: https://reference-global.com/article/10.2478/acee-2024-0009?utm_source. Acesso em: 13 dez. 2025.
- MALLICK, P. K. et al. Closing the loop: Establishing reverse logistics for a circular economy, a systematic review. *Journal of environmental management*, v. 328, n. 117017, p. 117017, 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722025907?utm_source. Acesso em: 13 dez. 2025.
- MINAYO, M. C. S. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.
- MOJICA, A. et al. A conceptual framework for the upcycling supply chain in the wood sector. *Sustainability*, v. 17, n. 3, p. 1006, 2025. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/17/3/1006?utm_source. Acesso em: 13 dez. 2025.
- SALAS-NAVARRO, K. et al. Reverse logistics and sustainability: A bibliometric analysis. *Sustainability*, v. 16, n. 13, p. 5279, 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/16/13/5279?utm_source. Acesso em: 13 dez. 2025.
- SCRIOȘTEANU, A.; CRIVEANU, M. M. Reverse logistics of packaging waste under the conditions of a sustainable circular economy at the level of the European Union states. *Sustainability*, v. 15, n. 20, p. 14727, 2023. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/15/20/14727?utm_source. Acesso em: 13 dez. 2025.
- YIN, R. K. Case study research: design and methods. 5. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2015.