Journal of Technology & Information

Aplicação da Logística Reversa de Óleos Utilizados em Transformadores: Processo de Conscientização Ambiental.

Application of Reverse Logistics for Oils Used in Transformers: Environmental Awareness Process.

Recebido/Received: 05/03/2025 | Revisado/Revised: 10/03/2025 | Aceito/Accepted: 15/04/2025 | Publicado/Publish: 16/04/2025
https://www.doi.org/10.5281/zenodo.15236014

Marcos de Oliveira Morais
Universidade de Santo Amaro (UNISA)
https://orcid.org/0000-0002-5981-4725
marcostecnologia2001@gmail.com

Andrea Cristina Micchelucci Malanga
Universidade de Santo Amaro (UNISA)
https://orcid.org/0000-0001-5842-8681
amicchelucci@prof.unisa.br

Josimeire Pessoa De Queiroz
Universidade de Santo Amaro (UNISA)
https://orcid.org/0009-0006-3176-1568
pessoajosimeire@gmail.com

Thayna Mota Pereira
Universidade Santo Amaro (UNISA)
https://orcid.org/0009-0004-3468-3150
thaymota74@gmail.com

Weslaine Matos da Silva
Universidade Santo Amaro (UNISA)
https://orcid.org/0009-0001-8493-3080
weslaine83@gmail.com

Journal of Technology & Information

Resumo

A logística reversa de óleos usados em transformadores é uma abordagem estratégica que visa minimizar os impactos ambientais e potencializar benefícios econômicos ao permitir o reaproveitamento desses materiais. Os óleos de transformadores, essenciais para o isolamento elétrico e a dissipação de calor, degradam-se ao longo do tempo, acumulando contaminantes e tornando-se resíduos perigosos. Quando descartados inadequadamente, podem causar sérios danos ao solo, às águas subterrâneas e à saúde humana. Este trabalho, fundamentado em uma revisão de literatura, busca investigar os processos, desafios e benefícios associados à logística reversa desses óleos. A pesquisa analisa as etapas do processo, os impactos do manejo inadequado e as tecnologias disponíveis, além de identificar lacunas e oportunidades no contexto sustentável. A temática está alinhada à economia circular, promovendo a redução de desperdícios, a reutilização de recursos e o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a responsabilidade ambiental. O estudo contribui para ampliar o conhecimento sobre práticas sustentáveis no gerenciamento de resíduos industriais, oferecendo subsídios para a formulação de estratégias mais eficazes e alinhadas às metas globais de sustentabilidade.

Palavras-chave: Logística reversa, sustentabilidade, óleos de transformadores, Reciclagem.

Abstract

Reverse logistics of oils used in transformers is a strategic approach that aims to minimize environmental impacts and enhance economic benefits by allowing the reuse of these materials. Transformer oils, essential for electrical insulation and heat dissipation, degrade over time, accumulating contaminants and becoming hazardous waste. When improperly disposed of, they can cause serious damage to soil, groundwater and human health. This work, based on a literature review, seeks to investigate the processes, challenges and benefits associated with the reverse logistics of these oils. The research analyzes the stages of the process, the impacts of inadequate management and available technologies, in addition to identifying gaps and opportunities in the sustainable context. The theme is aligned with the circular economy, promoting the reduction of waste, the reuse of resources and the development of public policies aimed at environmental responsibility. The study contributes to expanding knowledge about sustainable practices in industrial waste management, offering support for the formulation of more effective strategies aligned with global sustainability goals.

Keywords: Reverse logistics, sustainability, transformer oils, Recycling.

1. Introdução

O gerenciamento adequado de óleos lubrificantes usados ou contaminados, incluindo aqueles utilizados em transformadores elétricos, é um tema de grande importância ambiental e econômica. Esses óleos desempenham um papel essencial em diversas aplicações industriais e, no caso específico de transformadores, são fundamentais para o isolamento elétrico e a dissipação de calor. Contudo, após o uso, esses óleos tendem a se degradar e a acumular contaminantes, tornando-se um resíduo potencialmente perigoso. Para que o óleo mantenha suas funções de isolamento e

aquecimento, é essencial preservar suas propriedades físicas e químicas, que podem ser afetadas por umidade, temperatura, instabilidade elétrica e interação com materiais internos como papel Kraft, verniz, madeira e cobre (Nacarato, 2018).

Quando descartados de maneira inadequada, podem causar impactos significativos ao meio ambiente, como a contaminação do solo e das águas subterrâneas, além de representar riscos à saúde humana. A literatura destaca a necessidade de estratégias que viabilizem o tratamento e o reaproveitamento desses materiais, o que reforça a relevância de uma abordagem sustentável para seu manejo (Gonzaga *et al*, 2023).

Nesse contexto, a logística reversa surge como uma alternativa estratégica e sustentável para lidar com os óleos usados ou contaminados. Esse conceito abrange todas as etapas do processo de retorno do resíduo ao ciclo produtivo, incluindo a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final adequada. No caso dos óleos de transformadores, a logística reversa oferece benefícios não apenas ambientais, mas também econômicos, ao permitir a reutilização de recursos e a redução dos custos associados à aquisição de novos materiais.

Além de cumprir exigências legais, práticas como a segregação adequada de resíduos, a implementação de programas de reciclagem e compostagem e a realização de campanhas de conscientização ambiental, demostram responsabilidade socioambiental, contribuem para a preservação dos recursos naturais, reduzem custos operacionais e fortalecem a imagem institucional, tornando-se um diferencial competitivo frente à valorização da sustentabilidade pelos consumidores (Viana & Franco, 2021).

Contudo, ainda há desafios relacionados à implementação efetiva dessas práticas, como a falta de regulamentações específicas em alguns contextos e a necessidade de tecnologias mais acessíveis e eficientes. Tais questões tornam-se especialmente relevantes diante do aumento da demanda por energia elétrica e da consequente utilização

de transformadores que dependem desses óleos para seu funcionamento adequado (Gonzaga et al, 2023).

Diante dessa problemática, este trabalho busca responder à seguinte questão de pesquisa: Quais são as práticas e diretrizes existentes para a logística reversa de óleos utilizados em transformadores, e quais lacunas precisam ser abordadas para otimizar seu gerenciamento sustentável? A partir dessa questão, define-se como objetivo geral investigar os principais processos, desafios e benefícios da logística reversa aplicada aos óleos utilizados em transformadores, com base em uma revisão da literatura especializada.

Para atingir o objetivo geral, foram delineados os seguintes objetivos específicos: identificar as etapas envolvidas no processo de logística reversa de óleos de transformadores; analisar os impactos ambientais e econômicos decorrentes do manejo inadequado desses resíduos; e avaliar as tecnologias e políticas públicas disponíveis para o gerenciamento sustentável desses óleos. Esses objetivos visam fornecer uma visão abrangente e estruturada sobre o tema, destacando as práticas mais eficientes e apontando possíveis melhorias que podem ser implementadas no contexto brasileiro e internacional.

A relevância desta pesquisa está associada à crescente necessidade de soluções sustentáveis para problemas ambientais relacionados ao descarte inadequado de resíduos industriais. A logística reversa de óleos utilizados em transformadores é uma prática alinhada com os princípios da economia circular, promovendo a redução de desperdícios e o reaproveitamento de recursos. Além disso, a temática está em consonância com metas globais de sustentabilidade e com a necessidade de desenvolvimento de políticas públicas que incentivem a responsabilidade ambiental e o uso eficiente de recursos naturais. Assim, este estudo pretende contribuir para a ampliação do conhecimento sobre o tema, fornecendo subsídios teóricos e práticos que possam apoiar iniciativas voltadas ao manejo sustentável de óleos de transformadores (Gonzaga et al, 2023).

A metodologia deste trabalho baseia-se em uma revisão de literatura, com o objetivo de reunir, analisar e sintetizar informações de diversas fontes acadêmicas e institucionais. Serão consultados artigos científicos, livros, teses, dissertações e legislações pertinentes ao tema, buscando compreender o estado da arte no campo da logística reversa de óleos utilizados em transformadores.

Essa abordagem permitirá identificar os principais avanços, desafios e oportunidades relacionados ao tema, além de oferecer uma base sólida para discussões futuras sobre a implementação de práticas mais eficazes e sustentáveis.

2. Referencial Teórico

2.1. Logística Reversa

A logística reversa, segundo Luna (2020), é um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a reinserção de resíduos sólidos ao ciclo produtivo ou a sua destinação final ambientalmente adequada. Essa prática ganha destaque em um contexto onde a sustentabilidade e a economia circular são cada vez mais valorizadas. No setor elétrico, especificamente no que diz respeito aos óleos utilizados em transformadores, a logística reversa desempenha um papel essencial para evitar a contaminação ambiental e possibilitar o reaproveitamento de materiais que ainda possuem valor econômico e funcional.

O reaproveitamento de óleos utilizados em transformadores é fundamental não apenas por questões ambientais, mas também pelo impacto econômico positivo que proporciona. Almeida et al (2018) destacam que, com um planejamento logístico adequado, é possível recuperar boa parte do óleo isolante, reduzindo custos operacionais e minimizando os riscos de descarte inadequado. Este material, quando descartado sem tratamento, pode causar sérias consequências ao solo e aos recursos hídricos, além de impactar negativamente a saúde humana devido à presença de substâncias tóxicas.

Martins (2018) aponta que a logística reversa de óleos de transformadores deve ser organizada em diferentes etapas, incluindo a coleta, transporte, armazenamento temporário, tratamento e reinserção no ciclo produtivo ou destinação final adequada. Essas etapas exigem o envolvimento de vários agentes, como fabricantes, empresas de energia, operadores logísticos e órgãos reguladores. O sucesso desse processo depende de uma boa integração entre esses atores, além de investimentos em infraestrutura e tecnologia para garantir a segurança e a eficiência das operações.

No Brasil, a logística reversa de resíduos perigosos é regulamentada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. César (2017) destaca que essa legislação tem impulsionado o desenvolvimento de práticas de logística reversa, incluindo o manejo de óleos de transformadores. Contudo, ainda existem desafios relacionados à fiscalização, à conscientização dos agentes envolvidos e à adoção de tecnologias acessíveis para o tratamento desses materiais.

Almeida e outros (2018) destacam que a logística reversa também se configura como uma oportunidade de negócios, uma vez que permite a criação de mercados para produtos reciclados ou re-refinados. No caso dos óleos de transformadores, o reaproveitamento pode gerar novos insumos para o setor elétrico ou mesmo para outras indústrias. Essa perspectiva reforça a importância de integrar a sustentabilidade às estratégias empresariais, promovendo uma abordagem mais consciente e rentável para o manejo de resíduos.

De acordo com Gonzaga (2020), o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a eficiência energética e a sustentabilidade pode impulsionar a logística reversa de óleos de transformadores. Essas políticas devem incluir incentivos fiscais, apoio à pesquisa e desenvolvimento e parcerias público-privadas que viabilizem o aprimoramento das práticas existentes. Além disso, a conscientização da população e dos

agentes envolvidos é crucial para garantir a adesão e o engajamento em iniciativas sustentáveis.

Martins (2018) ressalta que a logística reversa está diretamente relacionada à eficiência energética, uma vez que o reaproveitamento de materiais reduz a demanda por novos recursos naturais e energia para a produção de insumos. No caso dos óleos de transformadores, essa relação é evidente, pois o tratamento e a reutilização do óleo evitam os custos energéticos e ambientais associados à extração de petróleo e à produção de novos materiais.

Almeida et al (2018) destacam a necessidade de avaliar o desempenho logístico das cadeias produtivas envolvidas na logística reversa de óleos de transformadores. Isso inclui a análise de indicadores como custo, tempo, qualidade e impacto ambiental. A aplicação de ferramentas de gestão e tecnologia da informação pode ajudar a otimizar esses processos, garantindo maior eficiência e sustentabilidade.

Por fim, Gonzaga (2020) argumenta que o sucesso da logística reversa depende de uma visão sistêmica, que leve em consideração todos os elos da cadeia produtiva. No caso dos óleos de transformadores, isso inclui desde a geração do resíduo até sua destinação final, passando por etapas como armazenamento, transporte e tratamento. Uma abordagem integrada permite identificar pontos críticos e propor soluções que atendam aos princípios da sustentabilidade e da economia circular.

2.2. Sustentabilidade ambiental

O conceito de sustentabilidade procura sintetizar o equilíbrio entre o homem, a natureza e a atividade econômica desenvolvidas englobando o bem-estar (Dalmago, 2021; Garcia & Garcia, 2016). Para Salas-Zapata & Ortiz-Muñoz (2019), os conceitos utilizados em sustentabilidade não são homogêneos, devido aos diferentes sistemas de

valores existentes nas sociedades de um modo em geral, baseados em distintas formas de percepção da realidade presente e futura, o que pode impactar diretamente na sociedade.

O processo de sustentabilidade nas corporações evoluiu e deixou de ver a gestão ambiental somente como uma barreira à evolução e ao progresso. Agora, ela é vista socialmente como algo que também deve ser entregue a essas corporações, sendo parte da responsabilidade delas, para que não sejam vistas apenas como meios que gerem lucros, e instigando uma preocupação com o atual cenário ambiental, buscando o equilíbrio entre a renda e a sustentabilidade (Grandi, Jasinski, & Andreoli, 2020).

As três dimensões da sustentabilidade amplamente aceitas são: a dimensão econômica, a dimensão social e a dimensão ambiental (Amaro, 2011; Ciegis et al., 2009; Nascimento, 2012). O desenvolvimento sustentável busca equilibrar crescimento econômico, igualdade social e preservação ambiental (Oliveira & Gentil, 2024).

Sua implementação depende de práticas cidadãs e políticas governamentais estratégicas (Ferreira et al., 2024). A participação ativa de todos esses atores é fundamental para a implementação bem-sucedida de práticas sustentáveis e para a construção de uma sociedade mais justa e equilibrada (Instituto ETHOS, 2025).

É essencial estabelecer uma estratégia que viabilize a adoção eficiente e eficaz das organizações quanto as questões ambientais. Isso requer a aquisição de conhecimentos especializados, centrados na flexibilidade aumentada e na utilização de dados e monitoramento de processos em tempo real (Beier et al., 2020; Ivanov, 2018).

Do ponto de vista corporativo, a adoção de práticas sustentáveis gera múltiplos benefícios, como maior eficiência operacional, inovação e vantagem competitiva. Conforme Hart e Milstein (2021), as empresas que passam a adotar práticas sustentáveis criam novos mercados e aumentam sua capacidade de inovar, enquanto mitigam riscos operacionais associados à escassez de recursos e à pressão regulatória.

Isso reflete a importância crescente de integrar critérios de sustentabilidade na estratégia empresarial, considerando o impacto econômico, social e ambiental das operações. Como afirmam Andrade e Silva (2020), as estratégias empresariais devem incorporar a sustentabilidade ambiental como um pilar central, minimizando os danos ambientais e promovendo a conservação dos ecossistemas.

3. Metodologia

A revisão bibliográfica, ou revisão da literatura, consiste em uma análise crítica, detalhada e abrangente das publicações existentes em uma área específica do conhecimento, como destacado por Marconi e Lakatos (2022). A pesquisa bibliográfica visa explicar e discutir um tema com base em referências teóricas publicadas, abrangendo livros, revistas, periódicos e outros materiais, além de buscar e analisar conteúdos científicos relacionados ao tema de interesse (Gil, 2021).

Essa abordagem pode ser enriquecida com consultas a bases de dados, periódicos e artigos indexados, ampliando as possibilidades de compreensão e aprofundamento sobre o tema em questão. O principal objetivo da pesquisa bibliográfica é proporcionar ao pesquisador um contato direto com as produções anteriores sobre determinado assunto, permitindo uma visão mais ampla do conhecimento já existente (Marconi, & Lakatos, 2022).

Conforme os autores mencionados, a pesquisa bibliográfica não se limita a repetir informações previamente abordadas, mas busca analisar o tema sob novos ângulos ou perspectivas, com o intuito de chegar a conclusões inovadoras. Nesse sentido, a revisão da literatura se torna um instrumento importante para a evolução do conhecimento, promovendo o exame crítico e a integração de diferentes pontos de vista sobre o tópico.

Gil (2021) complementa ao afirmar que a revisão bibliográfica permite um exame aprofundado de materiais já produzidos, proporcionando ao pesquisador a oportunidade

de interpretar, discutir e sintetizar as contribuições de outros autores. Este estudo, ao adotar a revisão narrativa da literatura, segue uma estratégia metodológica que visa acessar as experiências de autores que já abordaram o tema, no caso, a logística reversa de óleos utilizados em transformadores.

Ao longo deste trabalho, a revisão narrativa da literatura nacional foi adotada com o objetivo de sumarizar as pesquisas já realizadas sobre a logística reversa de óleos em transformadores, a fim de consolidar um panorama teórico e alcançar conclusões baseadas no estado da arte da área.

Gil (2021) reforça que a revisão bibliográfica, por meio dessa abordagem, se configura como uma ação sobre materiais já produzidos, essencial para o avanço do conhecimento em um campo específico, como é o caso dos estudos sobre a utilização e reutilização dos óleos transformadores.

4. Análise e Interpretação dos Resultados

A logística reversa de óleos utilizados em transformadores é uma prática essencial para garantir a sustentabilidade ambiental e a eficiência dos processos industriais, com a reaproveitação de recursos valiosos. Esse conceito, amplamente aplicado em diversos setores, busca reverter os fluxos de produtos para sua reutilização ou descarte correto. No contexto de óleos de transformadores, a logística reversa envolve a coleta, reciclagem e recondicionamento desses fluidos, permitindo que eles retornem ao ciclo produtivo ou sejam adequadamente descartados.

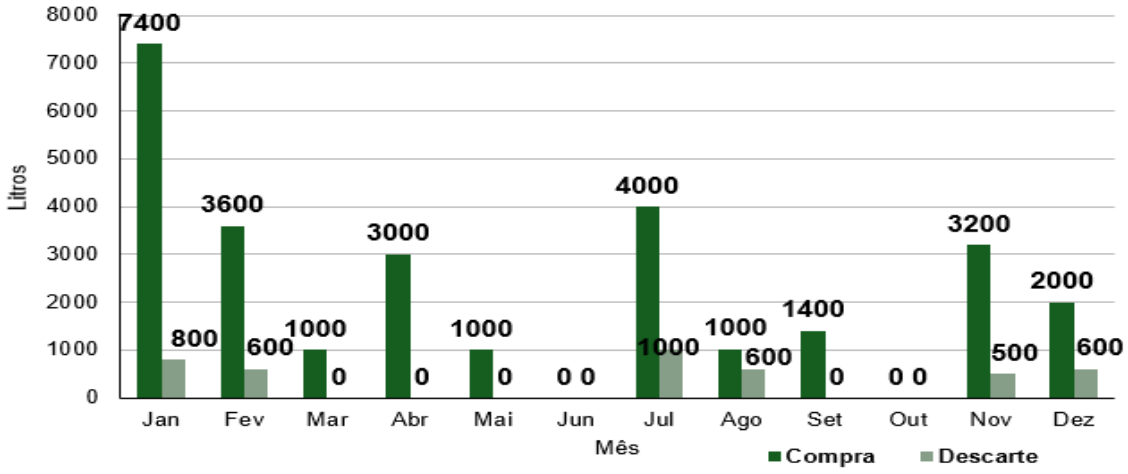
A integração de métodos eficientes e a inovação tecnológica têm sido fundamentais para otimizar esse processo e reduzir os impactos ambientais negativos, conforme destacado por Machado, Feres e Gonçalves (2019) e Luna (2020). Um dos principais métodos empregados na logística reversa de óleos de transformadores é o recondicionamento do óleo utilizado. Este processo envolve a análise da qualidade do

óleo através de testes químicos e físicos, como a análise de acidez e a presença de partículas contaminantes.

Após esses testes, se o óleo for considerado adequado, ele pode ser purificado e reutilizado em novos transformadores. Isso não só prolonga a vida útil do óleo, mas também diminui a necessidade de produção de novos óleos, o que resulta em uma economia significativa de recursos naturais. Martins et al. (2018) ressaltam que a eficiência nesse tipo de logística depende da precisão nas etapas de análise e da qualidade dos processos de recondicionamento.

Além do recondicionamento, outro método importante na logística reversa de óleos é o processo de reciclagem. A reciclagem do óleo de transformadores envolve a remoção de impurezas e a reintegração do óleo ao mercado. A eficiência desse processo depende de tecnologias avançadas, como a filtração e a destilação, que permitem recuperar o óleo em condições adequadas para reutilização. O Figura 1 apresenta as quantidades em litros comprados e coletados para descarte/reaproveitamento no período de janeiro a dezembro de 2024 pela empresa.

Figura 1: Quantidade de compra e descarte de óleo.



Fonte: os autores.

A Figura 1 demonstra a quantidade de litros comprada e principalmente a descartada no processo de logística reversa que a empresa realiza onde cerca de 4100 litros foram descartados/reaproveitados corretamente, evitando problemas ambientais.

A adoção de processos tecnológicos mais avançados também contribui para a redução dos impactos ambientais, como a diminuição da emissão de gases poluentes. A inovação em processos de reciclagem, como apontado por Leite (2017), é essencial para que os resultados da logística reversa sejam amplamente benéficos tanto para as empresas quanto para o meio ambiente.

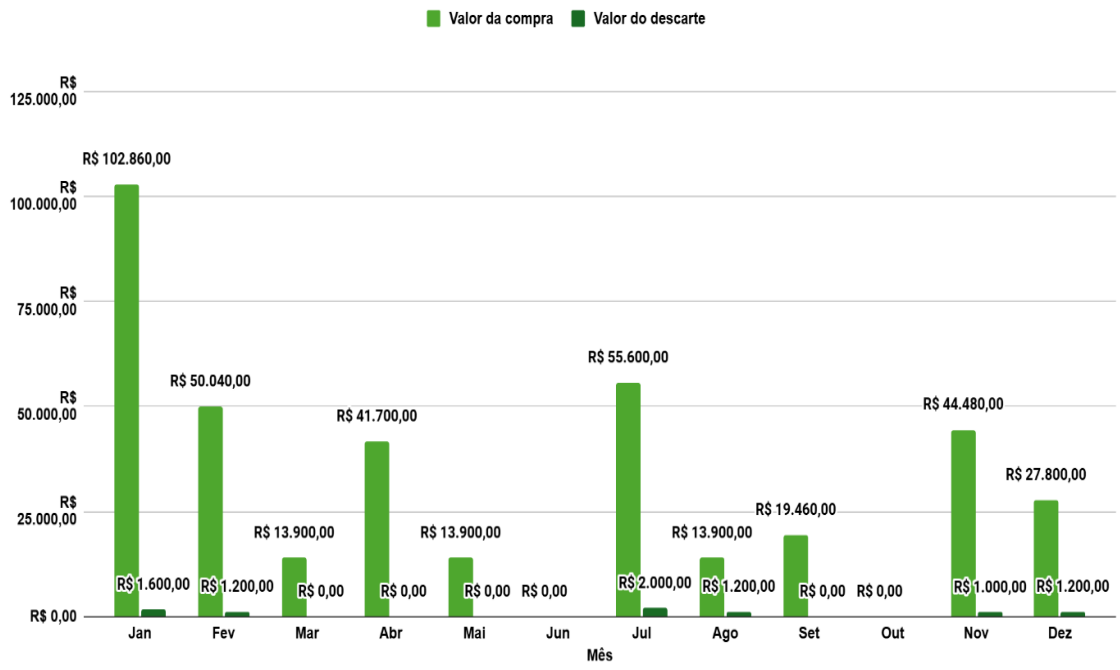
Apesar dos benefícios, a logística reversa de óleos utilizados em transformadores enfrenta vários desafios. Um dos maiores obstáculos está relacionado à coleta eficiente desses óleos, que muitas vezes são descartados de maneira inadequada por consumidores e empresas.

A falta de pontos de coleta acessíveis e a falta de conscientização sobre a importância da logística reversa são questões que dificultam a implementação eficaz dessa prática. Segundo Brunhara et al. (2017), é fundamental que as empresas adotem estratégias de sensibilização e educação ambiental para incentivar o retorno adequado desses óleos ao ciclo produtivo, o que pode ser facilitado por parcerias entre empresas e órgãos governamentais.

Outro desafio importante é a gestão do transporte dos óleos coletados. O transporte de líquidos, especialmente substâncias potencialmente contaminadas como os óleos de transformadores, requer cuidados específicos para evitar vazamentos e danos ambientais. Luna (2020) enfatiza que a logística reversa eficiente deve contar com uma infraestrutura de transporte adequada, que não apenas garanta a segurança, mas também minimize os custos operacionais. Nesse contexto, inovações tecnológicas no monitoramento do transporte, como o uso de sensores e sistemas de rastreamento, têm se mostrado promissoras para aumentar a segurança e a eficiência do processo. A Figura 2 apresentam

os valores de compra de óleo novo e também valores referentes ao reaproveitamento do óleo retirado dos transformadores.

Figura 2: Valores de compra e descarte de óleo.



Fonte: os autores.

O valor de apresentado na Figura 2 referente ao descarte/reciclagem é de R$ 8.200,00 em 2024, o que além de poder ser revertido para outras finalidades mostra a viabilidade econômica do processo de logística reversa, proporcionando também uma economia ambiental imensurável para toda a sociedade.

Além disso, por meio desta análise da viabilidade econômica da logística reversa de óleos utilizados em transformadores torna-se um dos fatores que influenciam diretamente sua implementação. Luna (2020) destaca que, embora a prática seja

ambientalmente benéfica, o custo envolvido nas etapas de coleta, transporte, recondicionamento e reciclagem pode ser elevado, o que representa um obstáculo para algumas empresas.

Portanto, é necessário desenvolver modelos econômicos que justifiquem o investimento, como incentivos fiscais, subsídios ou parcerias público-privadas, que ajudem a mitigar os custos e incentivem a adesão à logística reversa. A integração de tecnologias emergentes tem sido um fator decisivo para superar alguns dos desafios da logística reversa. Tecnologias de sensores e sistemas de monitoramento remoto, por exemplo, permitem um controle mais eficiente da qualidade do óleo e das condições de transporte.

Segundo Ferreira et al. (2018), essas inovações podem reduzir significativamente o risco de falhas no processo e aumentar a confiança dos consumidores e das empresas na viabilidade da logística reversa. Além disso, o uso de tecnologias digitais para o gerenciamento de dados relacionados à coleta e ao processamento dos óleos pode otimizar o fluxo de informações e facilitar a tomada de decisões estratégicas.

A colaboração entre diferentes setores também é fundamental para o sucesso da logística reversa de óleos de transformadores. Como observado por César et al. (2017), é necessário que as empresas, órgãos reguladores e consumidores trabalhem de forma integrada para criar um sistema eficiente de coleta e recondicionamento.

A regulamentação também desempenha um papel importante, estabelecendo normas e padrões para a gestão dos óleos usados, como a definição de requisitos para a qualidade do óleo reciclado e as melhores práticas de descarte. Uma regulamentação clara e eficiente pode facilitar a implementação da logística reversa, incentivando a adoção de boas práticas por parte das empresas. A sustentabilidade é outro ponto relevante no debate sobre a logística reversa de óleos em transformadores. A prática contribui diretamente para a redução de resíduos e a diminuição da poluição ambiental.

Machado, Feres e Gonçalves (2019) enfatizam que a adoção de práticas sustentáveis é não apenas uma responsabilidade social, mas também uma oportunidade para as empresas se destacarem no mercado, uma vez que consumidores e investidores estão cada vez mais atentos a questões ambientais. A logística reversa, ao transformar resíduos em recursos valiosos, permite que as empresas se alinhem às exigências de sustentabilidade e, ao mesmo tempo, aprimorem sua competitividade.

Por fim, a educação e conscientização desempenham um papel relevante na eficácia da logística reversa. Para que os processos de coleta e recondicionamento sejam bem-sucedidos, é necessário que todos os envolvidos — desde os consumidores até os gestores das empresas — compreendam a importância do ciclo reverso e suas vantagens.

Leite (2017) aponta que campanhas educativas, programas de incentivo e a implementação de pontos de coleta em locais estratégicos são ações fundamentais para aumentar a adesão à logística reversa. Essas ações podem transformar a prática de reciclagem de óleos usados em uma atividade comum, contribuindo significativamente para a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável.

Assim, a logística reversa de óleos de transformadores envolve uma série de práticas e inovações tecnológicas que visam melhorar a sustentabilidade do setor energético e reduzir os impactos ambientais associados ao descarte inadequado desses materiais

5. Conclusões

A logística reversa de óleos utilizados em transformadores é uma prática de suma importância para promover a sustentabilidade no setor energético, alinhando a reutilização de recursos com a preservação ambiental. A implementação de processos eficientes de recondicionamento e reciclagem não só reduz o desperdício de materiais valiosos, como também minimiza os impactos ambientais relacionados ao descarte inadequado desses óleos.

O desenvolvimento e a adoção de tecnologias avançadas, como sistemas de monitoramento e processos de purificação de alta qualidade, têm sido fundamentais para melhorar a eficácia dessa prática, permitindo que os óleos retornem ao ciclo produtivo de forma segura e econômica.

Apesar dos benefícios evidentes, a logística reversa de óleos de transformadores enfrenta desafios significativos, como a necessidade de infraestrutura adequada para coleta, transporte e recondicionamento, além das barreiras econômicas que envolvem os custos dessas operações.

Para superar esses obstáculos, é essencial que as empresas adotem modelos econômicos sustentáveis, incentivem a colaboração entre os diferentes setores envolvidos e busquem apoio de políticas públicas, como incentivos fiscais e regulamentações claras, que favoreçam a implementação e a continuidade dessas práticas.

Em conclusão, a logística reversa de óleos utilizados em transformadores representa uma oportunidade valiosa para o setor energético reduzir sua pegada ambiental e, ao mesmo tempo, gerar valor econômico. No entanto, para que essa prática seja amplamente adotada, é fundamental investir em tecnologia, conscientização e um sistema regulatório eficiente que apoie as empresas na implementação de processos de recondicionamento e reciclagem. Com isso, será possível criar um ciclo sustentável de gestão de resíduos, contribuindo para a proteção do meio ambiente e o fortalecimento da competitividade no mercado.

Referencial Bibliográfico

Almeida, J. M., Lisboa, A. P., da Silva, C. W., & Paes, G. K. A. A. (2018). Análise da gestão ambiental do óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC) no município de Altamira-PA. *REVISTA DELOS*, *11*(32).

Amaro, J. N. (2011). Sustentabilidade e produção: teoria e prática para uma gestão ambiental.

Andrade, C.; Silva, R. P. (2020). Sustentabilidade Ambiental nas Empresas: Caminhos e Desafios. São Paulo: Editora Saraiva.

Beier, G., Ullrich, A., Niehoff, S., Reißig, M., & Habich, M. (2020). Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes–A literature review. *Journal of cleaner production*, *259*, 120856.

BRUNHARA, J., COLARES-SANTOS, L., & NETO, A. (2017). Logística reversa do óleo de fritura usado. *V Simpósio Nacional de Gerenciamento de Cidades, 3ª Semana de Arquitetura e urbanismo da UNIVAG, Várzea Grande-MT*.

Ciegis, R., Ramanauskiene, J., & Startiene, G. (2009). Theoretical reasoning of the use of indicators and indices for sustainable development assessment. *Engineering Economics*, *63*(3).

da Silva César, A., Werderits, DE, de Oliveira Saraiva, GL, & da Silva Guabiroba, RC (2017). O potencial do óleo de cozinha residual como abastecimento para a cadeia brasileira de biodiesel. *Avaliações de Energia Renovável e Sustentável* , *72* , 246-253.

DALMAGO, G. A., & DALMAGO, G. A. (2021). Sustentabilidade: reflexões sobre uso do termo e evolução de conceitos.

Ferreira, L. S., da Silva César, A., Conejero, M. A., & César da Silva Guabiroba, R. (2018). A voluntary delivery point in reverse supply chain for waste cooking oil: An action plan for participation of a public-school in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Recycling*, *3*(4), 48.

Ferreira, M. T. N., da Silva Dantas, J. V., dos Santos Andreza, M. N., Henrique, T. G., Tavares, V. H. N. D., & de Santana, W. J. (2024). Gestão pública e desenvolvimento sustentável. *Brazilian Journal of Development*, *10*(8), e71884-e71884.

Garcia, H. S., & Garcia, D. S. S. (2016). A construção de um conceito de sustentabilidade solidária contribuições teóricas para o alcance do socioambientalismo. *Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo*, *2*(2), 147-168.

Gil, A. C. (2021). *Como elaborar projetos de pesquisa* (Vol. 4, p. 175). São Paulo: Atlas.

Gonzaga, N.C, Vigoderis, R. B., da Silva, J. M., Molica, R. J. R., Leite, G. S., & de Lima Oliveira, T. Logística reversa de óleos lubrificantes no Brasil: um ensaio acerca de seus avanços, perspectivas e desafios Reverse logistics of lubricating oils in Brazil: an essay about its advances, perspectives and challenges.

Grandi, T. P., Jasinski, V. P., & Andreoli, C. V. (2020). Sustentabilidade nas empresas: uma análise da geração de valor econômico pela adoção do índice de sustentabilidade empresarial (ISE). *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, *9*(4), 761-779.

Hart, S. L.; Milstein, M. B. (2021). Creating Sustainable Value: Business Strategies for a Better Future. Boston: *Harvard Business Review Press*.

INSTITUTO ETHOS (2025). A Importância da Colaboração Multissetorial para a Sustentabilidade. Disponível em: https://www.ethos.org.br.

Ivanov, D., & Ivanov, D. (2018). Novos drivers para dinâmica estrutural e resiliência da cadeia de suprimentos: Sustentabilidade, indústria 4.0, autoadaptação. *Dinâmica estrutural e resiliência na gestão de risco da cadeia de suprimentos* , 293-313.

LEITE, P. R. (2017). Logística reversa/Paulo Roberto Leite.–.

Luna, R. A. (2020). Green supply chain management e as práticas adotadas pela indústria química. *Gestão & Planejamento-G&P*, *21*.

Machado, GC, Feres, PP, & Gonçalves, MFS (2019). Logística reversa: análise de viabilidade da coleta e restituição de óleo lubrificante usado ou contaminado. *ITEGAM-JETIA* , *5* (17).

Marconi, M. A; Lakatos, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 9. ed. São Paulo: Atlas.

Martins, A. J. A., de Almeida, M. L., & da Silva Souza, D. M. (2018). Análise das práticas de logística reversa aplicadas aos vasilhames de vidro em uma engarrafadora de bebidas. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade: GeAS*, *7*(1), 116-130.

Nacarato, R.L. (2018). Investigação de falhas em transformadores de potência pela análise de gases controlados sem isolamento de óleo: simulação em redes neurais artificiais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — *Universidade Santa Cecília, Santos —SP*.

Nascimento, L. F. (2012). Gestão ambiental e sustentabilidade. *Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC*, 45-46.

Oliveira, T. D., Sparemberger, A., da Cunha Pereira, F., Enderle, T. P., da Silveira, D. C., das Chagas, D. H. S., ... & Engerroff, F. Z. (2024). DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE: SINERGIA URGENTE PARA A RESOLUÇÃO DE CONFLITOS NA CONTEMPORANEIDADE. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, *13*(2), e1117-e1117.

Salas-Zapata, WA, & Ortiz-Muñoz, SM (2019). Análise de significados do conceito de sustentabilidade. *Desenvolvimento Sustentável* , *27* (1), 153-161.

Viana, J. F. Santos; Franco, E. Á. P. (2021). Gerenciamento de resíduos sólidos em um shopping center da capital do Piauí. In: Anais do IX Simpósio de Engenharia de Produção-SIMEP 2021. Anais...Caruaru (PE) UniFavip,