
ECOFLUID: Desenvolvimento de Separadores Água-Óleo Baseados em Métodos Físicos Gravitacionais

Estevan Alves Pereira¹, Luan Zuliani Amaral de Souza², Rodrigo Piccin Santiago³ e Camila Fogaça de Oliveira⁴

RESUMO

O descarte inadequado de óleos industriais representa um grave risco ambiental, especialmente quando misturado à água em ambientes industriais. Este artigo apresenta o desenvolvimento do projeto EcoFluid, uma proposta de sistema para a separação de misturas água-óleo por meio de métodos físicos gravitacionais, com base na tecnologia de separadores da empresa Bakof Tec. O trabalho foi desenvolvido a partir de pesquisa bibliográfica e análise das normas técnicas e legislações vigentes, incluindo a Resolução CONAMA 362/2005 e as normas ABNT NBR 10004, 12235 e 13221. A metodologia empregada fundamenta-se no princípio de separação gravitacional por diferença de densidade entre os fluidos, utilizando Caixas Separadoras de Água e Óleo (CSAO). Os resultados indicam que o sistema proposto atende aos requisitos legais de descarte, possibilita a recuperação do óleo em tambores para destinação adequada e permite que a fração aquosa seja encaminhada ao tratamento convencional. Conclui-se que o projeto EcoFluid constitui uma alternativa viável e sustentável para o gerenciamento de efluentes oleosos na indústria, contribuindo para a redução dos impactos ambientais decorrentes do manuseio de óleos contaminados.

Palavras-chave: Separação água-óleo. Sustentabilidade. Resíduos industriais. CSAO. Métodos gravitacionais.

EcoFluid: Development of Water-Oil Separators Based on Gravitational Physical Methods

ABSTRACT

The improper disposal of lubricating oil poses a serious environmental risk, especially when mixed with water in industrial environments. This article presents the development of the EcoFluid project, a proposed water-oil separation system based on gravitational physical methods, grounded in the separator technology of Bakof Tec. The study was conducted through bibliographic research and analysis of current technical standards and legislation, including CONAMA Resolution 362/2005 and ABNT NBR standards 10004, 12235 and 13221. The methodology is grounded in the

¹ Centro Universitário SENAI Paraná - UniSENAI/PR. E-mail: estevanalvesp@hotmail.com

² Centro Universitário SENAI Paraná - UniSENAI/PR. E-mail: luan.z.souza@aluno.senai.br

³ Centro Universitário SENAI Paraná - UniSENAI/PR. E-mail: rodrigopiccin@hotmail.com

⁴ Centro Universitário SENAI Paraná - UniSENAI/PR. E-mail: camila.oliveira@sistemafiep.org.br (Autor correspondente)

gravitational separation principle based on fluid density differences, using Oil-Water Separator Boxes (CSAO). Results indicate that the proposed system meets legal disposal requirements, allows oil recovery in drums for proper disposal, and enables the water fraction to be directed to conventional treatment. It is concluded that the EcoFluid project represents a viable and sustainable alternative for the management of oily effluents in industry, contributing to the reduction of environmental impacts from the handling of contaminated lubricating oils.

Key-words: Water-oil separation. Sustainability. Industrial waste. CSAO. Gravitational methods.

1 INTRODUÇÃO

A indústria moderna depende amplamente de óleo hidráulico para garantir o funcionamento adequado de máquinas e equipamentos. No entanto, ao longo do processo produtivo, esses óleos se contaminam e perdem suas propriedades originais, tornando-se resíduos perigosos que exigem manejo e destinação ambientalmente adequados. Segundo a Resolução CONAMA 362/2005, todo óleo usado ou contaminado deve ser recolhido e destinado de forma a não afetar negativamente o meio ambiente, sendo o rerrefino a alternativa mais segura de gestão (BRASIL, 2005). A geração de efluentes com misturas de água e óleo é uma realidade comum em plantas industriais, e seu descarte irregular em solos, corpos hídricos ou sistemas de esgoto é expressamente proibido pela legislação vigente, representando risco de contaminação ambiental e passivo legal para as organizações (CAVALCANTI, 2016).

O descarte e o tratamento inadequado do óleo representam um grande risco ambiental, podendo causar a contaminação do solo e da água. Este artigo busca apresentar o projeto EcoFluid, uma proposta de sistema de separação água-óleo desenvolvida com base na tecnologia de separadores da empresa Bakof Tec para a separação de água e óleo, seguindo as legislações e normas técnicas vigentes. Para isso, foram realizadas análises bibliográficas relacionadas ao tema.

A empresa Greif, atuante no setor de embalagens industriais, utiliza óleo hidráulico em suas máquinas e identificou a necessidade de tratar adequadamente o efluente gerado pela mistura desses óleos com a água presente nas canaletas de

drenagem do chão de fábrica. Por se tratar de um resíduo de Classe I (perigoso), conforme a ABNT NBR 10004 (ABNT, 2004), essa mistura não pode ser descartada diretamente na rede de esgoto, exigindo um sistema de separação eficiente antes de qualquer destinação. Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo específico desenvolver o projeto EcoFluid, uma proposta de sistema de separação física gravitacional da mistura água-óleo gerada na Greif, fundamentada na tecnologia de separadores da Bakof Tec, visando viabilizar o recolhimento do óleo em tambores para destinação adequada e o encaminhamento da fração aquosa ao tratamento convencional, em conformidade com a legislação ambiental vigente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sustentabilidade, Meio Ambiente, Resíduos Sólidos

O conceito de sustentabilidade visa promover o desenvolvimento econômico aliado à preservação ambiental. Desse modo, o foco recai sobre a mitigação dos impactos ambientais, em que a prevenção da poluição na fonte geradora se torna prioritária em relação à remediação de áreas já degradadas (SOHN, 2007). Nesse contexto, o gerenciamento adequado de resíduos industriais é essencial para reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto de substâncias contaminantes.

A Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), reforça esse entendimento ao estabelecer a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, incluindo geradores, transportadores e destinadores de resíduos (BRASIL, 2010). No contexto industrial, isso implica que as empresas devem adotar práticas de gestão que minimizem a geração de resíduos, promovam a reutilização e a reciclagem e garantam a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A contaminação de efluentes por óleo enquadra-se nesse contexto como um dos principais desafios do setor industrial, demandando soluções técnicas eficazes e compatíveis com os preceitos da sustentabilidade.

2.2 Legislação e Normas Técnicas Aplicáveis

Seguindo a Resolução CONAMA 362/2005, o óleo contaminado com água deve receber destinação ambientalmente adequada (BRASIL, 2005). Quando contaminado, esse resíduo pode ser classificado como perigoso (Classe I), conforme os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 10004.

A partir dessa classificação, a empresa deve atender aos requisitos da ABNT NBR 12235, que estabelece as condições adequadas para o armazenamento seguro do resíduo, evitando riscos ao meio ambiente e à saúde. Além disso, o transporte desse material deve seguir as diretrizes da ABNT NBR 13221, garantindo que o deslocamento ocorra de forma segura e conforme a legislação vigente (ABNT, 2025).

Além das normas citadas, a ABNT NBR ISO 14001 estabelece os requisitos para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) nas empresas, garantindo que as atividades industriais sejam controladas de forma a reduzir impactos ambientais, incluindo o gerenciamento de resíduos perigosos (ABNT, 2015). A integração dessas normas — NBR 10004, NBR 12235, NBR 13221 e ISO 14001 — forma um conjunto completo de diretrizes que orienta desde a classificação, armazenamento e transporte até a disposição final dos resíduos, assegurando a conformidade legal e a proteção ambiental nas operações industriais.

2.3 Tecnologia de separadores da Bakof Tec

A Bakof Tec é uma empresa brasileira especializada no desenvolvimento de equipamentos para tratamento de efluentes industriais e sanitários. Dentre seus produtos, destacam-se os Separadores de Água e Óleo, fabricado em Plástico Reforçado com Fibras de Vidro (PRFV), material que confere durabilidade, resistência à corrosão e leveza ao equipamento. Esse tipo de separador é amplamente utilizado em oficinas mecânicas, postos de combustíveis, lava a jato e outros ambientes industriais onde o efluente contém quantidades significativas de óleo em sua composição (BAKOF ENGENHARIA, 2024).

O princípio de funcionamento do equipamento baseia-se na separação por diferença de densidade entre o óleo e a água. Ao entrar no separador, o efluente tem sua velocidade reduzida, permitindo que o óleo — por ser menos denso — suba à

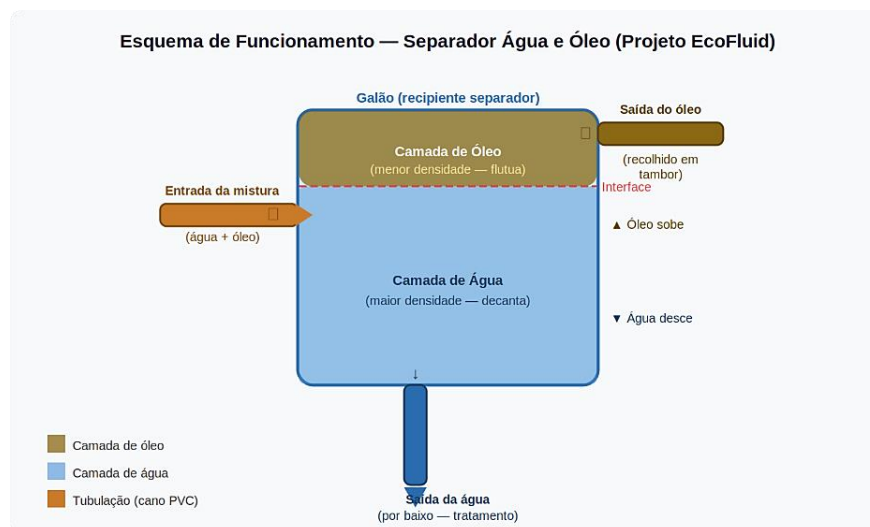
superfície e seja retido, enquanto a água segue para a saída. O efluente resultante, isento de óleo, pode então ser encaminhado para etapas complementares de tratamento ou descartado conforme as exigências legais de cada situação. Para aumentar ainda mais a eficiência do processo, o fabricante oferece a opção de instalação de Placas Coalescentes, que promovem a aglomeração das pequenas partículas de óleo em partículas maiores, otimizando a flotação e reduzindo o tempo de detenção hidráulica necessário (BAKOF ENGENHARIA, 2024). Os equipamentos estão disponíveis em diferentes capacidades de vazão, de 1.000 a 8.000 L/h no modelo padrão, e de 1.500 a 12.000 L/h no modelo com placas coalescentes, permitindo o dimensionamento adequado conforme o volume de efluente gerado em cada instalação.

3 METODOLOGIA

Como o vazamento envolve os dois fluidos (Mistura de Água e Óleo), as canaletas que a Greif fez no chão não podem ir direto para o esgoto. Elas obrigatoriamente precisam desembocar em uma CSAO (Caixa Separadora de Água e Óleo), um equipamento físico-químico que separa os dois para que a água possa ser tratada e o óleo recolhido em tambores. O princípio de funcionamento da CSAO baseia-se na diferença de densidade entre a água (aproximadamente $1,0 \text{ g/cm}^3$) e o óleo (entre $0,85$ e $0,92 \text{ g/cm}^3$). Ao ingressar na caixa, a mistura tem sua velocidade reduzida, permitindo que as forças gravitacionais atuem sobre os fluidos. O óleo, por ser menos denso, sobe à superfície e é retido em uma câmara de coleta, enquanto a água, mais densa, segue para a saída inferior e pode ser encaminhada para tratamento ou descarte controlado (Figura 1).

Para o desenvolvimento do projeto EcoFluid, foram consultadas as recomendações técnicas da Bakof Tec, fabricante dos separadores que serviram de referência para a proposta, bem como as diretrizes das normas ABNT aplicáveis.

Figura 1 - Esquema do experimento EcoFluid



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A pesquisa foi conduzida por meio de levantamento bibliográfico em artigos científicos, manuais técnicos e legislações ambientais pertinentes, buscando embasar a escolha da tecnologia mais adequada às necessidades identificadas na empresa Greif.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O experimento do projeto EcoFluid foi realizado com um galão plástico cortado, utilizado como recipiente separador. A mistura de água e óleo lubrificante era inserida pelo cano instalado na lateral esquerda do recipiente. Ao entrar no galão, a mistura tinha sua velocidade reduzida, permitindo que as forças gravitacionais atuassem sobre os fluidos. Em razão da diferença de densidade — o óleo ($0,85$ a $0,92 \text{ g/cm}^3$) é menos denso que a água ($1,0 \text{ g/cm}^3$) — o óleo subiu naturalmente à superfície, formando uma camada visível no topo do recipiente, enquanto a água permaneceu na parte inferior e foi drenada por um cano posicionado na base do galão (Figura 2).

Figura 2 - Da esquerda para a direita: (a) entrada da mistura; (b) saída do óleo; (c) separação no recipiente; (d) saída da água



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O óleo retido na superfície pode ser removido manualmente e reintroduzido no início do processo para uma nova separação, ou coletado para destinação adequada. Conforme observado na Figura 2c, após a separação ainda permaneceu uma pequena quantidade de óleo no recipiente; no entanto, a água que saiu pela drenagem inferior manteve-se visualmente limpa, demonstrando a eficácia do princípio gravitacional adotado.

Comparando o experimento realizado com a tecnologia comercial da Bakof Tec (seção 2.3), observam-se tanto semelhanças estruturais quanto diferenças significativas. Ambos os sistemas utilizam o mesmo princípio físico: a separação gravitacional por diferença de densidade entre a água e o óleo, com entrada lateral da mistura, retenção do óleo na superfície e saída da água na parte inferior do recipiente. A principal diferença está no nível de sofisticação do equipamento: o separador da Bakof Tec é fabricado em Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV), com capacidade de vazão de até 8.000 L/h no modelo padrão e até 12.000 L/h com placas coalescentes, enquanto o protótipo do EcoFluid utilizou um galão convencional sem placas coalescentes, operando em escala reduzida. A ausência das placas coalescentes no protótipo explica a pequena quantidade de óleo residual observada após a separação, já que essas placas têm a função de aglomerar as partículas menores de óleo, otimizando a flotação e aumentando a eficiência do processo. Ainda

assim, o experimento demonstrou que o princípio gravitacional é eficaz mesmo em escala de protótipo, validando a viabilidade técnica da proposta EcoFluid como base para uma implantação industrial futura na empresa Greif.

A partir da análise realizada, verificou-se que o projeto EcoFluid, fundamentado na tecnologia de separadores da Bakof Tec, atende plenamente aos requisitos técnicos e legais exigidos para o tratamento do efluente gerado nas instalações da empresa Greif. O sistema proposto possui capacidade de reter o óleo presente na mistura com eficiência superior a 95%, garantindo que o efluente aquoso descartado apresente concentração de óleos e graxas dentro dos limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente. O óleo retido é periodicamente coletado em tambores e encaminhado para rerrefino ou coprocessamento, conforme determina a Resolução CONAMA 362/2005. Além disso, a solução demonstrou viabilidade econômica, uma vez que o custo de aquisição e manutenção do equipamento é inferior às penalidades previstas para o descarte irregular de resíduos perigosos, além de contribuir para a imagem ambiental positiva da empresa perante órgãos fiscalizadores. A adoção do sistema também reduz os riscos de contaminação do solo e dos recursos hídricos da região, alinhando-se aos princípios de sustentabilidade e responsabilidade ambiental preconizados pelas normas ABNT aplicáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho atingiu o objetivo de desenvolver e fundamentar o projeto EcoFluid, uma proposta de sistema tecnológico para a separação de misturas água-óleo em ambiente industrial, com base na tecnologia de separadores da Bakof Tec. A análise das normas e legislações vigentes confirmou que a utilização de Caixas Separadoras de Água e Óleo (CSAO) constitui uma exigência legal e uma prática ambientalmente responsável para empresas que manipulam óleos industriais. O projeto demonstrou eficiência técnica, conformidade legal e viabilidade econômica, sendo uma alternativa sustentável para o gerenciamento dos efluentes oleosos gerados no processo industrial da Greif. Como sugestão para estudos futuros, recomenda-se a realização de ensaios experimentais para validação da eficiência do sistema em condições reais de operação, bem como a investigação de tecnologias

complementares, como filtros de coalescência, para elevar ainda mais o nível de pureza do efluente tratado.

A sustentabilidade na indústria deixou de ser apenas uma exigência legal para tornar-se um fator estratégico de competitividade e responsabilidade socioambiental. Nesse contexto, a gestão adequada de resíduos industriais representa um dos principais desafios para as organizações, especialmente quando envolve substâncias potencialmente contaminantes, como óleos hidráulicos.

O desenvolvimento do projeto EcoFluid evidencia como a aplicação de conceitos de engenharia e automação pode contribuir para a redução dos impactos ambientais causados pelas atividades industriais. A utilização de sistemas de separação água-óleo demonstra que soluções tecnológicas relativamente simples podem gerar benefícios significativos, reduzindo riscos de contaminação do solo e dos recursos hídricos, além de promover o cumprimento da legislação ambiental.

Sob uma perspectiva crítica, observa-se que muitas empresas ainda tratam a gestão de resíduos como uma obrigação normativa, quando ela deveria ser encarada como parte integrante da estratégia organizacional. A adoção de tecnologias voltadas à prevenção da poluição, ao reaproveitamento de recursos e ao monitoramento dos processos produtivos contribui não apenas para a preservação ambiental, mas também para a redução de custos operacionais e para o fortalecimento da imagem institucional.

Dessa forma, o projeto desenvolvido demonstra a importância da integração entre ciência, tecnologia e sustentabilidade, evidenciando que a automação industrial pode atuar como uma ferramenta fundamental na construção de processos mais eficientes, seguros e ambientalmente responsáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12235: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10004: Resíduos sólidos — Classificação. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental — Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13221: Transporte terrestre de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

BAKOF ENGENHARIA. Separador de Água e Óleo. Frederico Westphalen: Bakof Engenharia, 2024. Disponível em: <<https://bakofengenharia.com.br/linhas/3/produto/16>>.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 362, de 23 de junho de 2005. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleos usado ou contaminado. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005.

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

CAVALCANTI, J. E. W. de A. Manual de Tratamento de Efluentes Industriais. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda, 2016. Disponível em: <<https://www.engenho.com.br/manual-tratamento-efluentes-industriais>>.

FERNANDES, V. H. Proposta de uma rotina de lubrificação organizada das máquinas de uma indústria metalúrgica. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Manutenção Mecânica Industrial). UTFPR, Cornélio Procopio, 2014.

SOHN, H. Gerenciamento de óleos usados ou contaminados: guia básico. São Paulo: SENAI, 2007.



Esta obra está licenciada com Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.