



TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS E LIMPAS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES NA PRODUÇÃO DE ÓLEO DE GIRASSOL

Vanessa Campagnoli Ursulino¹, Juliane Patrícia de Oliveira², Aline Lopes³, Luciana Cristina Soto Herek⁴, Paula Polastri⁵

¹Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas - PPGTL, Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. campagnolivanessa1@gmail.com

²Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas - PPGTL, Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI, Campus Maringá-PR, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Bolsista ICETI e PROSUP/CAPES. julianepdeoliveira@outlook.com

³Doutora, Professora do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas - PPGTL, Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar – UNICESUMAR. aline.lopes@unicesumar.edu.br

⁴Doutora, Professora do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas - PPGTL, Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar – UNICESUMAR. luciana.rezende@unicesumar.edu.br

⁵Doutora, Professora do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas - PPGTL, Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar – UNICESUMAR. paula.polastri@unicesumar.edu.br

RESUMO

A crescente demanda por alimentos e óleos vegetais tem impulsionado a expansão da indústria de óleo de girassol, aumentando também a geração de efluentes com alta carga orgânica e oleosa. Esses resíduos, quando descartados inadequadamente, representam riscos ambientais, especialmente para corpos hídricos e solos. Neste contexto, torna-se essencial investigar alternativas tecnológicas ambientalmente adequadas para o tratamento desses efluentes. Esta revisão tem como objetivo identificar e analisar as principais tecnologias limpas aplicadas ao tratamento de efluentes na cadeia produtiva do óleo de girassol, destacando sua eficiência e potencial de aplicação em escala industrial. Foram revisados artigos publicados entre 2003 e 2024, disponíveis nas bases *Scopus*, *ScienceDirect* e *Google Scholar*. Os estudos analisados revelam que processos convencionais, como o reator do tipo *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB), seguem aplicáveis na etapa de refino, embora apresentem limitações diante da presença de ácidos graxos de cadeia longa. Em contrapartida, tecnologias limpas vêm ganhando destaque, como a bioadsorção com subprodutos da própria cadeia (casca e torta de girassol), o uso de *biochar* funcionalizado, o processo Fenton heterogêneo e a aplicação de nanopartículas sintetizadas por rotas verdes. Tais métodos demonstraram elevada eficiência na remoção de contaminantes orgânicos e emergentes, com menor geração de lodo e possibilidade de reaproveitamento dos resíduos como insumos. Conclui-se que a integração entre tecnologias convencionais e limpas promove ganhos em eficiência, sustentabilidade e viabilidade econômica, alinhando-se aos princípios da economia circular no setor oleoindustrial.

PALAVRAS-CHAVE: Águas residuárias; Efluentes oleosos; Indústria alimentícia; Sustentabilidade ambiental; Tratamentos avançados.

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos ambientais provocados pelas atividades industriais tem estimulado a busca por tecnologias mais limpas e sustentáveis. A indústria alimentícia, em especial o setor de produção de óleos vegetais, como o óleo de girassol, é responsável por gerar efluentes com altas cargas orgânicas, oleosas e de difícil degradação.

Esses resíduos, quando descartados sem tratamento adequado, podem comprometer a qualidade dos recursos hídricos, afetar o equilíbrio dos ecossistemas e representar riscos à saúde humana (Von Sperling, 2014; Brandi *et al.*, 2009).

O girassol (*Helianthus annuus L.*) é uma das principais oleaginosas cultivadas globalmente (Friolli *et al.*, 2023), sendo amplamente utilizado na produção de óleo comestível devido ao seu alto teor de ácidos graxos insaturados, à sua adaptabilidade, baixo teor de fatores antinutricionais e ao valor econômico de seus produtos, principalmente



o óleo e o farelo é uma das espécies com grande potencial de produção cada vez maior. No entanto, o processo de extração e refino do óleo gera uma quantidade significativa de resíduos líquidos, exigindo soluções eficientes e ambientalmente responsáveis para o seu tratamento (Santos *et al.*, 2017).

O tratamento desses resíduos é um desafio devido à sua complexidade e baixa biodegradabilidade, exigindo soluções eficientes e sustentáveis (Kaya; Hung, 2021). Entre as alternativas, destacam-se processos eletroquímicos, como a combinação de eletrocoagulação e eletro-oxidação, que podem remover até 95% dos poluentes orgânicos presentes nas águas residuais das refinarias de óleo de girassol, com boa eficiência energética (Sharma *et al.*, 2020). Outra abordagem é a recuperação de óleo e fosfatídeos a partir dos resíduos de hidratação, utilizando soluções de cloreto de sódio ou ácido cítrico, o que permite não só reduzir o impacto ambiental, mas também valorizar subprodutos para uso em outras indústrias (Saveliev *et al.*, 2024; Bliznjuk *et al.*, 2022).

Métodos de extração verde, como o uso de CO₂ supercrítico, também têm sido explorados para recuperar compostos de alto valor dos resíduos, promovendo a economia circular (Kiliçarslan; Argun, 2023). Além disso, tecnologias como coagulação/floculação, filtração por membranas e uso de auxiliares de filtração à base de celulose contribuem para a redução da carga poluente e a otimização do processo (Kaya; Hung, 2021; Lužaić *et al.*, 2024). Essas estratégias, quando integradas, tornam o tratamento dos resíduos líquidos do óleo de girassol mais eficiente e ambientalmente responsável, alinhando-se às exigências de sustentabilidade do setor (Sharma *et al.*, 2020; Saveliev *et al.*, 2024; Kaya; Hung, 2021; Lužaić *et al.*, 2024).

Estudos recentes estão focados principalmente na identificação de genótipos adaptáveis a diferentes condições ambientais e na melhoria das práticas de cultivo através da agricultura de precisão, para aumentar a produtividade e a eficiência no uso de recursos (Centorame *et al.*, 2024). Essa abordagem visa selecionar variedades de girassol com maior resistência a estresses bióticos e abióticos, como seca, salinidade e variações térmicas, características que se tornam cada vez mais relevantes diante das mudanças climáticas globais.

Além disso, o uso de tecnologias digitais, como sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica (SIG) e modelagem preditiva, permite o monitoramento em tempo real das condições do solo e das plantas, otimizando o uso de insumos agrícolas como fertilizantes e água. Tais práticas contribuem significativamente para a sustentabilidade da cadeia produtiva, reduzindo impactos ambientais e promovendo um manejo mais racional e eficiente das lavouras de girassol.

A cadeia produtiva do girassol pode ser descrita em diversas etapas, desde o manejo do plantio e desenvolvimento da planta, colheita, armazenamento e processamento na indústria. Além dos produtos principais, esta cadeia gera uma subprodutos e resíduos, como cascas, efluentes do processamento e a torta residual, que pode ser utilizado na produção de ração animal. Assim como na ração de peixes, conforme estudo realizado por Ferreira *et al.* (2024), a qual evidencia que, a adição desse produto na criação do Robalo Europeu contribui para o seu desenvolvimento, além de ser uma solução de uso do subproduto.

A produção industrial de óleo e farelo de girassol gera efluentes líquidos, caracterizados por alta carga orgânica, alta presença de ácidos graxos insaturados, compostos fenólicos e sólidos em suspensão, além de variabilidade de pH (Kaya; Asci, 2019).

Esses efluentes, oriundos de etapas como de moagem, neutralização alcalina, desodorização e extração por solvente, apresentam baixa biodegradabilidade e forte potencial de impacto ambiental quando não são tratados de forma adequada. As abordagens convencionais, como reatores UASB (do inglês, *upflow anaerobic sludge*



blanket, em português, reator anaeróbico de fluxo ascendente de leite fluidizado) e lagoas anaeróbicas, apresentam certas limitações operacionais diante da toxicidade lipídica, formação de crostas e instabilidade na degradação de compostos hidrofóbicos (Saatci; Arslan; Konar, 2003)

Neste contexto, torna-se fundamental identificar, avaliar e promover alternativas tecnológicas que minimizem os impactos ambientais da atividade, possibilitem o reuso da água e contribuam para a sustentabilidade da cadeia produtiva. Assim, este estudo, teve por objetivo reunir evidências científicas recentes sobre métodos sustentáveis aplicados ao tratamento de efluentes oriundos da produção de óleo de girassol, destacando suas potencialidades, limitações e perspectivas de aplicação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se como uma revisão da literatura, com abordagem qualitativa e exploratória, cuja finalidade foi reunir, organizar e analisar a produção científica disponível sobre o tratamento de efluentes gerados na cadeia produtiva do girassol.

A revisão foi realizada por meio das bases de dados *Scopus*, *ScienceDirect* e *Google Scholar*, foram utilizados diferentes descritores, combinados entre si por operadores booleanos: “*sunflower*”, “*wastewater treatment*”, “*effluent*”, “*sunflower oil industry*”. A busca foi delimitada ao período entre 2003 e 2024, priorizando artigos, dissertações, teses e documentos técnicos com acesso aberto.

Para os critérios de inclusão, foram considerados artigos que abordassem direta ou indiretamente o tratamento de efluentes gerados durante o processamento industrial do girassol; que apresentassem dados experimentais e análises teóricas, ou propostas tecnológicas aplicáveis à realidade da indústria do óleo de girassol.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A cadeia produtiva do girassol inicia no campo e culmina na produção e venda de produtos para a indústria e ao consumidor final. O início da cadeia produtiva é o cultivo, conforme os estudos de (Suardi *et al.*, 2024), o genótipo e variedade do girassol são fundamentais para otimizar a produção e a adaptabilidade da planta.

Pesquisas como a de Baraki *et al.* (2024), focam na identificação de genótipos de girassol que apresentem maior estabilidade e adaptabilidade a diferentes condições ambientais, um fator crucial para garantir a produtividade em regiões variadas e sob cenários de mudanças climáticas. A seleção de genótipos adequados impacta diretamente o rendimento de grãos e, conseqüentemente, a disponibilidade de matéria-prima para as etapas subsequentes.

A aplicação de tecnologias como sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica (SIG) e taxas variáveis de insumos para otimizar o uso de fertilizantes, água e defensivos, como visto no estudo de Wang *et al.* (2024), resultam para uma produção mais eficiente e sustentável do girassol.

A etapa de colheita sucede o desenvolvimento da cultura, realizada quando os capítulos florais atingem a maturação, após a colheita, segue-se para a etapa de secagem e armazenamento para preservar a qualidade dos grãos antes do processamento ou destinação final na indústria.

O processamento industrial é uma fase mais agrega valor no cultivo do girassol. A extração do óleo é realizada por prensagem mecânica e/ou extração por solvente. Tecnologias inovadoras são estudadas para melhorar a eficiência e a qualidade do óleo extraído, como o uso de dióxido de carbono (CO₂) supercrítico, como pode ser examinado no estudo de Friolli *et al.* (2023). Os autores exploraram o uso de ultrassom de alta



intensidade como pré-tratamento ou durante a extração, e demonstraram o potencial para aumentar o rendimento de óleo, reduzir o tempo de extração. Assim como em alguns casos, melhorar as propriedades do óleo e do farelo residual, o que pode tornar os resíduos do processo com maior valor e melhores aplicações sugeridas (Friolli *et al.*, 2023).

Na fase de comercialização, envolve a distribuição dos produtos, como óleo refinado, farelo ou torta, lecitina e subprodutos utilizados em diversos setores, para os mercados varejista, na indústria alimentícia, cosmética e química, e para a alimentação animal. Nesse último caso, a distribuição pode ir além da bovinocultura, a torta residual serve como complemento na alimentação de peixes (Ferreira *et al.*, 2024).

Em relação a dinâmica de mercado, estimativa de áreas plantadas e a previsão de safras, como analisado por Qadir *et al.* (2024), a Ucrânia, influencia diretamente os preços e a disponibilidade dos produtos da cadeia do girassol e o uso de observação de GPS (Sistema de Posicionamento Global), principalmente durante o período de guerra, é uma ferramenta que contribui para a estimativa de oferta do produto e seu preço de mercado.

Um esquema da cadeia produtiva do girassol pode ser observado na Figura 1, retirado do estudo de caso da pegada de carbono do óleo de cânhamo e girassol no sul da Itália, de Suardi *et al.* (2024), o qual avaliou e comparou a pegada de carbono das cadeias de suprimento do óleo de girassol e de cânhamo, e lavou em consideração a incorporação de todos os resíduos e subprodutos das culturas ao solo, e também identificou os pontos críticos no ciclo de vida da produção que contribuem significativamente para as emissões de gases de efeito estufa (GEE).

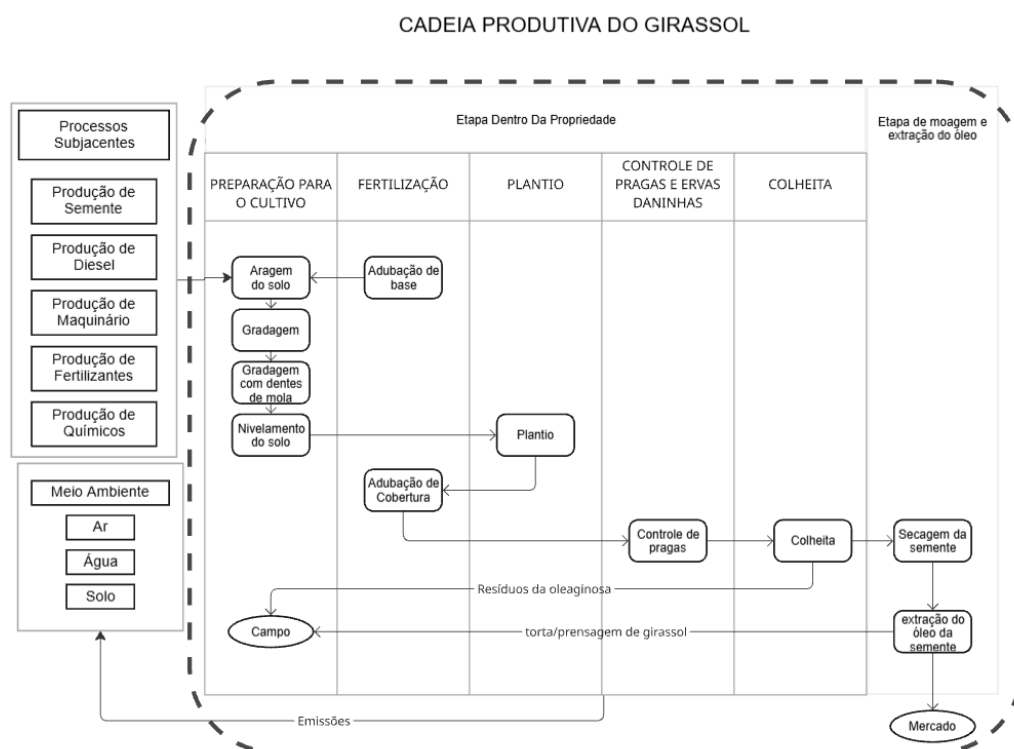


Figura 1: Esquema da cadeia produtiva do girassol
Fonte: Adaptado de Suardi *et al.* (2024)

O produto que mais se destaca na cadeia produtiva do girassol é o óleo de girassol, valorizado por suas características nutricionais, com diferentes perfis de ácidos graxos e presença de vitamina E. É amplamente utilizado na culinária, como óleo de cozinha e em margarinas, maioneses e outros produtos alimentícios processados. Além do uso alimentar,



o óleo de girassol encontra aplicações na indústria cosmética e farmacêutica, e como matéria-prima para a produção de biodiesel de segunda geração. Estudos como o de (Baraki *et al.*, 2024), o qual investigam as propriedades do óleo, onde a qualidade do óleo pode ser influenciada por fatores genéticos, condições de cultivo e métodos de processamento.

O farelo ou torta de girassol é o principal subproduto da extração do óleo, tem como característica ser rico em proteínas e fibras, é um ingrediente valioso na formulação de rações para diversas espécies animais, como ruminantes, suínos e aves. Sua composição nutricional, no entanto, pode variar conforme a variedade e processo de extração, como com ou sem casca, prensagem ou solvente.

Como pode ser observado no estudo de (Friolli *et al.*, 2023) que demonstrou obtenção de um novo produto alimentar promissor a partir do farelo da semente de girassol, apto a ser incorporado como ingrediente na formulação de alimentos, seguindo um modelo sustentável de produção e de cadeia de mercado de proteínas vegetais.

Além do óleo e do farelo, outros derivados podem ser obtidos. A lecitina de girassol, um emulsificante natural extraído durante o refino do óleo, é uma alternativa à lecitina de soja, onde estudos evidenciaram que as vacas leiteiras que receberam infusão de lecitina de girassol apresentaram maior produção de leite e melhor eficiência alimentar em comparação com aquelas que receberam lecitina de soja ou nenhuma infusão (Gutierrez-Oviedo *et al.*, 2024).

A cadeia produtiva do girassol, como qualquer atividade agrícola e industrial, gera impactos positivos e negativos sobre o meio ambiente, economia e sociedade. Entre os impactos positivos, destacam-se a geração de alimentos para consumo humano e animal, geração de empregos e renda ao longo da cadeia, e a contribuição para a economia, a produção de biodiesel de segunda geração a partir do óleo de girassol pode contribuir para a diversificação da matriz energética e a redução da dependência de combustíveis fósseis.

Os impactos negativos estão frequentemente associados à fase agrícola e ao processamento industrial. No cultivo, o uso de fertilizantes nitrogenados e fosfatados, defensivos agrícolas e a irrigação podem levar à contaminação de solos e corpos d'água, emissão de gases de efeito estufa e consumo de recursos hídricos e energéticos. (Centorame *et al.*, 2024)

O estudo de Wang *et al.* (2024), quantificou a pegada hídrica e a distribuição de energia na produção de girassol irrigado, apontando a irrigação e os fertilizantes como pontos críticos. A pegada de carbono, para a produção de óleo, evidencia as emissões associadas ao uso de maquinário agrícola, produção de insumos e transporte. A expansão da área cultivada também pode levar à perda de biodiversidade e alterações no uso da terra.

No processamento, o consumo de energia (térmica e elétrica), o uso de solventes em alguns métodos de extração (Friolli *et al.*, 2023) e a geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos são os principais pontos de atenção ambiental. A gestão inadequada desses resíduos pode causar poluição e desperdício de recursos.

Os efluentes gerados durante o processamento industrial do girassol apresentam características mais complexas e potencialmente mais impactantes ao meio ambiente. Na etapa de extração do óleo, são gerados efluentes contendo óleos vegetais emulsificados e dissolvidos, além de solventes residuais quando a extração é realizada com hexano.

O processo de extração do óleo de girassol, por meio da prensagem e extração por solvente gera o efluente industrial proveniente da fábrica de óleo de girassol, o qual apresenta características específicas para o tratamento convencional, especialmente pela alta carga de lipídios, acidez, concentração expressiva de sólidos e potencial eutrofizante caso não seja feito o manejo correto do efluente.



Por apresentar um perfil altamente carregado de poluentes orgânicos, com elevada concentração de matéria graxa, característica típica de efluentes gerados em processos de refino e extração de óleos vegetais. Entre os parâmetros físico-químicos avaliados, destaca-se a alta carga orgânica correlacionada à presença de material graxo total, a demanda química de oxigênio (DQO), a presença de sólidos suspensos totais e voláteis, apresentam alta proporção de material orgânico particulado. Além disso, a concentração de nutrientes como nitrogênio total indica um efluente com potencial para causar eutrofização de corpos hídricos receptores (Saatci; Arslan; Konar, 2003).

Em relação à fração lipídica, o efluente apresenta uma composição complexa de ácidos graxos, sendo os mais abundantes o ácido linoleico e o ácido oleico, ambos insaturados, seguidos por menores concentrações de ácidos saturados como o araquídico, esteárico, palmítico e mirístico. Essa predominância de lipídios insaturados pode influenciar a biodegradabilidade do efluente, em função da toxicidade potencial dos ácidos graxos de cadeia longa para microrganismos metanogênicos.

Outro aspecto relevante é o pH extremamente ácido do efluente bruto, com valores entre 1,5 e 2,6, que exige a neutralização prévia com hidróxido de sódio (NaOH) antes do tratamento biológico, para evitar a inibição da atividade microbológica. Além deste a intensa coloração e a presença de compostos orgânicos não biodegradáveis, que tornam os métodos tradicionais de tratamento como biodegradação, floculação, cloração, ozonização inadequados para a remoção completa destes poluentes (Kaya; Asci, 2019).

Na etapa de refino, diferentes tipos de efluentes são gerados em cada subprocesso, os efluentes da demoagem contêm fosfolipídios e gomas, enquanto os da neutralização apresentam sabões e álcalis. As águas de lavagem do óleo neutralizado, os efluentes do branqueamento (contendo argilas e compostos coloridos) e os condensados da desodorização (com ácidos graxos voláteis e compostos odoríferos) completam o perfil de efluentes desta etapa (Saatci; Arslan; Konar, 2003).

O processamento secundário, que inclui a produção de biodiesel e o processamento da torta para alimentação animal, também gera efluentes específicos. Na produção de biodiesel, os efluentes contêm glicerina, álcool residual (metanol ou etanol) e catalisadores. Já no processamento da torta, são geradas águas residuais com características variáveis que dependem do processo utilizado no processamento.

Os métodos convencionais para o tratamento de efluentes da indústria de extração de óleo vegetal, como no caso da indústria do girassol apresentam certas limitações por conta das características do efluente. Os reatores UASB, por exemplo, são sensíveis a choques de carga e variações na composição, o que requer controle operacional rigoroso sobre as características do efluente antes do processamento (Saatci; Arslan; Konar, 2003). Além disso, geralmente necessitam de pós-tratamento para remoção de nutrientes e polimento final.

Os tratamentos físico-químicos, por sua vez, podem gerar volumes significativos de lodo, (Kaya; Asci, 2019), cuja disposição representa um desafio adicional. A eficiência destes processos também pode ser comprometida pela presença de emulsões estáveis de óleo-água, comuns nos efluentes da indústria de girassol.

As tecnologias limpas são uma evolução em relação aos métodos convencionais de tratamento dos efluentes, esses novos métodos buscam maior eficiência na remoção de poluentes, menor geração de resíduos secundários e melhor aproveitamento de recursos.

Entre as tecnologias limpas, Kaya e Asci (2019) investigaram a aplicação do processo Fenton heterogêneo utilizando catalisadores Fe (III)/MnO₂ e Fe (III)/SnO₂ preparados por co-precipitação. Os resultados chegaram até: 98% de remoção de cor e 89% de remoção de DQO com o catalisador Fe (III)/MnO₂, e 92% de remoção de cor e 67% de remoção de DQO com o catalisador Fe (III)/SnO₂.



O processo Fenton heterogêneo é mais vantajoso em relação ao Fenton convencional (homogêneo), pois no final do tratamento possui menor produção de lodo, operação em faixa mais ampla de pH e possibilidade de recuperação e reuso do catalisador.

Como resultado desse estudo, os autores otimizaram diversos parâmetros operacionais, incluindo quantidade de catalisador, pH, concentração de peróxido de hidrogênio, temperatura, tempo de reação e velocidade de mistura. E essa técnica é vantajosa economicamente pela possibilidade de reutilização dos catalisadores, que mantiveram sua eficiência mesmo após quatro ciclos consecutivos de uso, o que reduz os custos operacionais e impacto ambiental.

4 CONCLUSÃO

Este artigo de revisão, analisou a cadeia produtiva do girassol, desde as práticas de cultivo até o processamento, a geração de produtos e subprodutos, dos efluentes gerados e o tratamento dos mesmos. Foi evidenciado a importância desta cultura, desde aspectos econômicos, sociais e ambientais, como a produção de óleo e farelo e biocombustível.

A cadeia produtiva do girassol, desde o cultivo até o refino do óleo e aproveitamento de seus subprodutos, apresenta um conjunto de etapas que, embora agreguem valor econômico, geram efluentes industriais com características físico-químicas que impactam negativamente o meio ambiente.

Como observado, os efluentes oriundos do processo de extração e refino do óleo possuem elevada carga de lipídios, acidez acentuada, alta DQO, sólidos suspensos e nutrientes como nitrogênio total, o que confere a eles um alto potencial poluidor, sobretudo com risco de eutrofização de corpos hídricos, caso não sejam devidamente tratados.

Além disso, soluções baseadas em biomateriais da própria cadeia como o uso da casca de semente de girassol para produção de *biochar* ou carvão ativado revelam grande potencial para adsorção de poluentes orgânicos e inorgânicos, como fármacos e metais pesados. Esses materiais tratam os efluentes com eficiência, e também, promovem uma abordagem circular, ao transformar resíduos da indústria em insumos para remediação ambiental.

Dessa forma, com o avanço das tecnologias limpas e o uso de subprodutos, a cadeia do girassol pode ser conduzida de forma sustentável. O investimento em tratamento adequado dos efluentes, aliado à inovação na reutilização de resíduos, permite atender aos requisitos ambientais, valorizar a própria cadeia, reduzir custos impactos, e, fortalecer o papel do girassol como uma cultura estratégica para um ciclo de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

BARAKI, F. *et al.* Identification of adaptable sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes using yield performance and multiple-traits index. **Heliyon**, v. 10, n. 9, , 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29405>.

BLIZNJUK, O. *et al.* Determination of rational conditions for oil extraction from oil hydration waste. **Eastern-European Journal of Enterprise Technologies**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251034>.

CENTORAME, L. *et al.* A systematic review on precision agriculture applied to sunflowers, the role of hyperspectral imaging. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 222, p. 109097, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109097>.



FERREIRA, C. *et al.* Fermented agar by-product and sunflower cake mixture as aquafeed ingredients: effects on growth performance and nutrient utilization of European seabass. **Animal Feed Science and Technology**, v. 315, p. 116048, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116048>.

FRIOLLI, M. P. S. *et al.* High-intensity ultrasound-based process strategies for obtaining edible sunflower (*Helianthus annuus* L.) flour with low-phenolic and high-protein content. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 97, p. 106449, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106449>.

GUTIERREZ-OVIEDO, F. A. *et al.* Effects of abomasal infusion of soybean or sunflower lecithin on nutrient digestibility and milk production in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 107, n. 11, p. 9145-9154, 2024.

KAYA, S.; ASCI, Y. Application of heterogeneous Fenton processes using Fe(III)/MnO₂ and Fe(III)/SnO₂ catalysts in the treatment of sunflower oil industrial wastewater. **Desalination and Water Treatment**, v. 171, p. 302-313, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24797>.

KAYA, D.; HUNG, Y. Advances in Treatment of Vegetable Oil Refining Wastes. Environmental and Natural Resources Engineering, **Environmental and Natural Resources Engineering. Handbook of Environmental Engineering**, v. 19, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54626-7_8.

KILIÇARSLAN, M.; ARGUN, M. Investigation of conversion of sunflower oil production wastes to high value compounds by supercritical CO₂. **Environmental Research and Technology**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.35208/ert.1245691>.

LUŽAIĆ, T.; GRUJIN, K.; PEZO, L.; NIKOLOVSKI, B.; MAKSIMOVIĆ, Z.; ROMANIĆ, R. Implementation of Cellulose-Based Filtration Aids in Industrial Sunflower Oil Dewaxing (Winterization): Process Monitoring, Prediction, and Optimization. **Foods**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13182960>.

MOHAMMADI, M. M. M.; AKHLAGHIAN, F. Modification of sunflower seeds waste biochar by Mg and its application for Cr(VI) adsorption from wastewater. **Desalination and Water Treatment**, v. 282, p. 118-126, 2023. DOI: [10.5004/dwt.2023.29152](https://doi.org/10.5004/dwt.2023.29152)

OGUNTMEIN, G. B. Biosorption of dye from textile wastewater effluent onto alkali treated dried sunflower seed hull and design of a batch adsorber. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.09.028>.

QADIR, A. *et al.* Estimation of sunflower planted areas in Ukraine during full-scale Russian invasion: Insights from Sentinel-1 SAR data. **Science of Remote Sensing**, v. 10, p. 100139, 2024. DOI: [ps://doi.org/10.1016/j.srs.2024.100139](https://doi.org/10.1016/j.srs.2024.100139).

SAATCI, Y., ARSLAN E.I., KONAR V. Anaerobic treatment of sunflower oil factory wastewater in a UASB reactor. **Bioresource Technology**, v. 87, n. 3, p. 269-272, 2003.

SANTOS C. *et al.* Determinação de propriedades físico-químicas de águas de efluentes de biodiesel de girassol. **Educação, Ciência e Saúde**, 2017.



SAVELIEV, D. *et al.* Development of conditions for obtaining oil from sunflower oil hydration waste. **Journal of Enterprise Technologies**. 2024. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301418>.

SHARMA, S.; AYGUN, A.; SIMSEK, H. Electrochemical treatment of sunflower oil refinery wastewater and optimization of the parameters using response surface methodology. **Chemosphere**, 249, 126511. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126511>.

SUARDI, A. *et al.* Carbon footprint of hemp and sunflower oil in southern Italy: A case study. **Ecological Indicators**, v. 160, p. 11786, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111786>.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Editora UFMG; 2014.

WANG, W. *et al.* Variation and attribution of energy distribution for salinized sunflower farmland in arid area. **Agricultural Water Management**, v. 297, p. 108833, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108241>.