



**Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia
de Produção (SAEPRO) da EEL-USP**

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

**Análise da biomassa vegetal, animal e reaproveitada empregada na
produção de biodiesel**

**Analysis of plant, animal and reused biomass used in biodiesel
production**

**Análisis de biomasa vegetal, animal y reutilizada utilizada en la
producción de biodiésel**

Rafael Rodrigo Ferreira de Lima

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (rafaelarielrodrigo@gmail.com)

Fabio Neves Puglieri

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (puglieri@utfpr.edu.br)

Resumo

A urgente necessidade de mudança na matriz energética global recai sobre a preocupação em segurança energética e sustentabilidade. Dessa forma, a utilização do biodiesel proveniente de diversas biomassas pode representar uma alternativa promissora de longo tempo e de larga escala para superar os desafios impostos pela alteração no status quo energético da comunidade internacional. Assim, o objetivo deste artigo é destacar os recentes avanços na produção de biodiesel de forma a realçar a essencialidade de manter a produção sustentável a partir da matéria-prima e do processo ecologicamente corretos. A metodologia empregada compreendeu a revisão narrativa da literatura, utilizando um método sistematizado, com coleta de dados na base *Scopus*. Os resultados indicaram uma ampla gama de variedades de matérias-primas que podem ser utilizadas para a produção de biodiesel e lacunas concernentes ao processo produtivo e ao efeito final social da utilização desse produto e que podem ser objetivos de investigação no sentido de melhorar a Cadeia Produtiva do Biodiesel. Conclui-se que existe a possibilidade de países



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

produtores de commodities vegetais assumirem a dianteira da mudança da matriz energética global, desde que cuidados com a matéria-prima, o processo produtivo e os efeitos do produto final estejam alinhados com os anseios sociais sobre a sustentabilidade.

Palavras-chave: Biocombustível, Energia, Indústria, Matriz Energética.

Abstract

The urgent need for change in the global energy matrix stems from concerns about energy security and sustainability. Therefore, the use of biodiesel from various biomasses may represent a promising long-term and large-scale alternative to overcome the challenges posed by the changing energy status quo of the international community. Thus, the objective of this article is to highlight recent advances in biodiesel production in order to emphasize the essentiality of maintaining sustainable production from environmentally friendly raw materials and processes. The methodology employed consisted of a narrative literature review, using a systematic method, with data collected from the Scopus database. The results indicated a wide range of raw materials that can be used for biodiesel production and identified gaps in the production process and the ultimate social impact of using this product. These gaps could be research targets aimed at improving the Biodiesel Production Chain. It is concluded that there is a possibility for countries producing plant commodities to take the lead in changing the global energy matrix, as long as care with the raw material, the production process and the effects of the final product are aligned with social aspirations regarding sustainability.

Keywords: Biofuel, Energy, Industry, Energy Matrix..

Resumen

La urgente necesidad de un cambio en la matriz energética global surge de la preocupación por la seguridad energética y la sostenibilidad. Por lo tanto, el uso de biodiésel de diversas biomásas puede representar una alternativa prometedora a largo



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

plazo y a gran escala para superar los desafíos que plantea el cambiante statu quo energético de la comunidad internacional. Así, el objetivo de este artículo es destacar los avances recientes en la producción de biodiesel para enfatizar la esencialidad de mantener una producción sustentable a partir de materias primas y procesos amigables con el medio ambiente. La metodología empleada consistió en una revisión narrativa de la literatura, mediante un método sistemático, con datos recopilados de la base de datos Scopus. Los resultados indicaron una amplia gama de materias primas que pueden utilizarse para la producción de biodiésel e identificaron deficiencias en el proceso de producción y el impacto social final de su uso. Estas deficiencias podrían ser objetivos de investigación para mejorar la cadena de producción de biodiésel. Se concluye que existe la posibilidad de que los países productores de materias primas vegetales lideren el cambio de la matriz energética global, siempre que el cuidado de la materia prima, el proceso de producción y los efectos del producto final se alineen con las aspiraciones sociales en materia de sostenibilidad.

Palabras clave: Biocombustibles, Energía, Industria, Matriz Energética..

1. INTRODUÇÃO

A dependência de combustíveis fósseis representa um desafio para a manutenção do *status quo* econômico, político e social da comunidade global em virtude da universal adaptação dos sistemas produtivos para esse tipo de energia (Hanafy et al., 2025. Sobrinho et al., 2025).

Tenci et al (2025) enfatizam que essa centralidade do petróleo bruto na indústria, considerando o seu baixo custo, favorece a continuidade de utilização desse produto como matriz energética e dificulta o processo de descarbonização. Apesar disso, a mudança paradigmática na matriz energética para uma fonte que favoreça a descarbonização e mantenha o ritmo de produção faz-se necessária e urgente, em face dos efeitos das mudanças climáticas.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Como forma de buscar alternativas para diversificar a matriz energética dos sistemas produtivos, a bioenergia representa uma via de adequação entre as necessidades dos setores industriais e para a sobrevivência no planeta (Abirami; Das, 2025; Hanafy et al., 2025).

Nesse contexto, o biodiesel representa um mercado global promissor onde se projeta um valor de mercado de mais de 67 bilhões de dólares até 2032, cujo panorama envolve, mas não se limita, a valorização de matérias-primas vegetais comestíveis e não comestíveis (Hanafy et al., 2025; Selvam; Devarajan, 2025). Esse biocombustível pode ser fabricado a partir de diferentes biomassas e sua produção e utilização está alinhada com a alta na previsão de demanda por biocombustíveis até 2028 e pela busca pela Sustentabilidade, ao contemplar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 7 e 13, e pela segurança energética (Abirami; Das, 2025; Gutiérrez-López et al., 2025; Thorve et al., 2025). Essa expansão, conforme previsto, terá o Brasil, conjuntamente com Indonésia e Índia, no protagonismo dessa mudança na matriz energética global (Abirami; Das, 2025).

Entretanto, a discussão sobre as formas de produzir o biodiesel precisa manter-se continuamente sob análise de forma a se ter o processo e o produto final alinhados com os princípios da Sustentabilidade. Por esse motivo, este artigo objetiva destacar os recentes avanços na produção de biodiesel de forma a realçar a essencialidade de manter a produção sustentável a partir da matéria-prima e do processo ecologicamente corretos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Aspectos gerais da produção de Biodiesel

O biodiesel é um combustível alternativo produzido a partir da transesterificação de gorduras animais e vegetais, incluindo o aproveitamento de resíduos, ou seja, baseado em fatores renováveis (Lee; Cho, 2024; Faife et al., 2025), que apresenta como vantagens, em relação ao petrodiesel, a menor emissão de dióxido e monóxido de carbono e hidrocarbonetos, a maior eficiência de combustão (Balpande et al., 2025) e a semelhança ótima com o petrodiesel relativa ao ponto de ignição e percentual de até 12% de oxigênio,



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

favorecendo o pleno funcionamento dos motores em que possa ser aplicado (Jayanna et al., 2024).

A utilização desse tipo de combustível demonstra alinhamento com a persecução da sustentabilidade em virtude de sua biodegradabilidade, não toxicidade e renovabilidade, embora, dependendo do seu processo de produção e matérias-primas, sejam necessários análises cuidadosas uma vez que pode gerar impactos ambientais consideráveis, como a degradação do solo e o alto consumo de água (Guimarães et al., 2025).

Embora represente uma notável possibilidade de alternativa ao petrodiesel, ou diesel convencional, Khan et al. (2025) destacam que a produção e, conseqüente, a ampla utilização desse biocombustível pode ser essencialmente econômica tendo em vista que os custos operacionais para a produção de biodiesel podem ser elevados a depender da matéria-prima e, portanto, do processo produtivo empregado.

Nesse contexto, os métodos que podem ser empregados para a produção de biodiesel compreendem o uso direto de óleos, a pirólise, a microemulsão e a transesterificação. Desses processos, a transesterificação é considerado o processo mais eficiente de produção de biodiesel porque mistura óleo e álcool, tendo ou não um catalisador (Divyachandrika et al., 2025).

Esse processo de produção utiliza a gordura vegetal ou animal em apenas um éster alquílico de ácidos graxos de cadeia longa (Jayanna et al., 2024). Assim, a transesterificação compreende a reação química de triglicerídeos, com cadeias não ramificadas de diferentes comprimentos e graus de saturação, e álcool na presença de um catalisador, ou biocatalisador, de forma a produzir glicerol e éster. Nesse processo, o ácido graxo do óleo é convertido em éster e glicerol, separadamente (Tamilselvan; Nallusamy; Rajkumar, 2017). Essa conversão de óleo em biodiesel é favorecida pela atuação dos catalisadores, que aceleram a taxa de transesterificação (Hanafy et al., 2025). De acordo com Divyachandrika et al. (2025), os catalisadores empregados no processo de transesterificação podem ser homogêneos, sendo divididos em ácidos (HCl e H₂SO₄) e básicos (NaOH e KOH), ou heterogêneos, metais alcalinos, ácidos, nanopartículas e



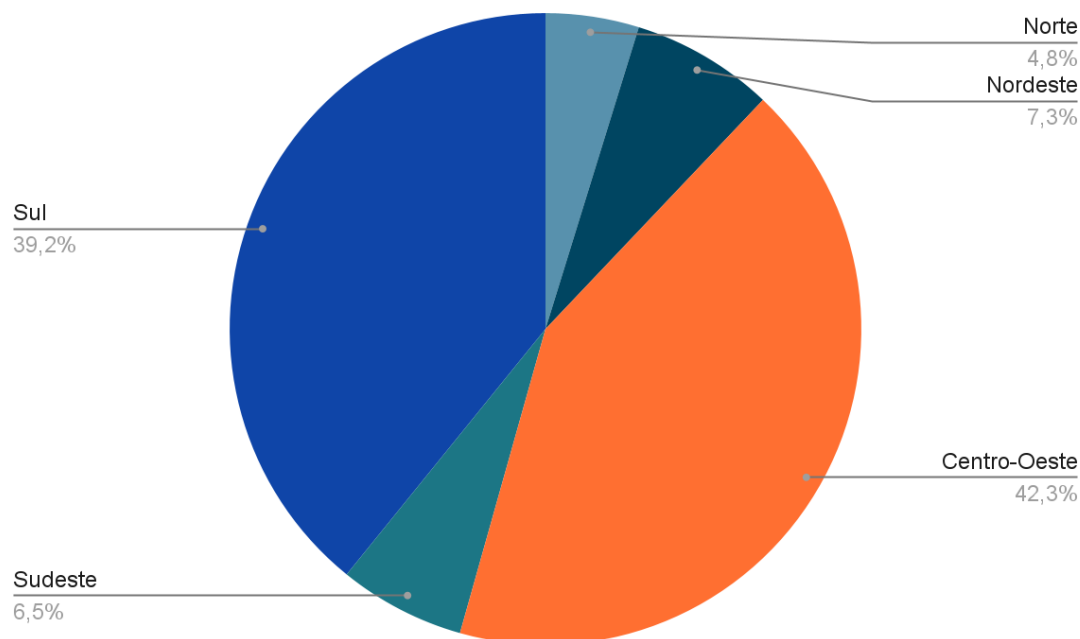
resíduos de biomassa. Especialmente para os catalisadores heterogêneos, as vantagens de sua aplicação incluem a facilidade de separação e purificação, a reutilização sem a formação de sabão e síntese a partir de resíduos, o que pode significar redução de custos para o processo produtivo e no valor do produto final. Ainda para esses autores, os biocatalisadores são produzidos a partir de recursos naturais e apresentam como vantagens a alta resistência ao calor, a ausência de propriedades corrosivas e a capacidade de reutilização. Essas características justificam as pesquisas que envolvem os biocatalisadores e os catalisadores heterogêneos.

2.2 Produção brasileira de biodiesel

No cenário da produção global de biodiesel, o Brasil é responsável por 11% de toda a produção, ficando atrás da Indonésia (16%) e dos Estados Unidos da América (13%) e, no lado diametralmente oposto, é responsável por 12% do consumo desse biocombustível, também atrás dos Estados Unidos da América (14%) e da Indonésia (13%) (Mohammed; Ancha; Atnaw, 2025). Ao comparar os dois cenários, o Brasil ocupa uma posição de desvantagem já que consome mais que produz esse tipo de bioenergia.

Ainda assim, entre 2017 e 2025, a produção diária de biodiesel, no Brasil, saltou de 370 mil m³/dia para 876 mil m³/dia, demonstrando um avanço no processo de mudança na matriz energética (ANP, *online*, 2025). Até julho de 2025, como pode ser observado na Figura 1, a produção de biodiesel brasileira concentrou-se nas regiões Centro-Oeste e Sul, respectivamente.

Figura 1 - Produção brasileira de biodiesel, por região, até jul/25



Fonte: ANP, *online*, 2025.

Entre Janeiro e Julho de 2025, o óleo de soja foi a principal matéria-prima utilizada para a produção desse biocombustível no Centro-Oeste (88,39%) e no Sul (82,28%). Na região Norte, a produção de biodiesel divide-se entre duas matérias-primas, óleo de soja (53,26%) e gordura bovina (32,81%). Na região Nordeste, o óleo de soja assume o protagonismo (69,72%), seguido da gordura bovina (12,3%) e, no Sudeste, a produção de biodiesel é dividida entre as matérias-primas: óleo de soja (20,83%), Outros Materiais Graxos (53,51%) e Outras (25,66%) - que compreende a gordura de frango, gordura de porco, óleo de fritura usado e óleo de milho (ANP, *online*, 2025).

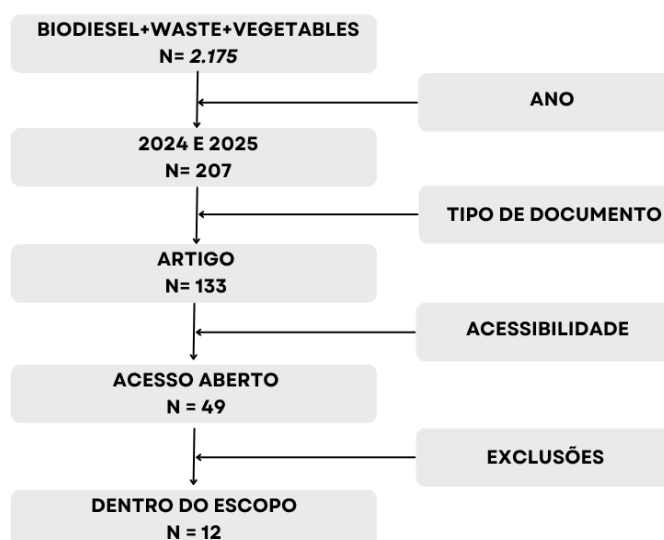
Como se percebe, o protagonismo do Brasil na mudança da matriz energética global, conforme apontado por Abirami e Das (2025), converge para a utilização da soja como matéria-prima. Isso se justifica porque apresenta destacada produção desse vegetal, sendo o maior produtor mundial de soja na safra 2024/25, com mais de 169 milhões de toneladas, de acordo com o levantamento realizado em julho de 2025. Nesse contexto, os estados de maior produção foram Mato Grosso, Paraná, Goiás e Rio Grande do Sul, estados do Centro-Oeste e Sul do Brasil (Embrapa Soja, *online*, 2025).

3. MÉTODO

A pesquisa é caracterizada como qualitativa, exploratória e, quanto ao procedimento técnico empregado, bibliográfica. Foi empregada a revisão narrativa da literatura, empregando um método sistemático para a seleção, análise e sintetização dos dados obtidos.

O levantamento dos dados ocorreu por meio da busca de artigos na base de dados *Scopus*, realizada no período compreendido entre 25 de setembro e 07 de outubro de 2025. Os descritores empregados na busca de dados foram “*biodiesel+waste+vegetables*”, sem restrição de idioma, priorizando recursos revisados por pares, com acesso aberto, publicados entre os anos de 2024 e 2025 e aderentes ao escopo da pesquisa. Esses filtros foram aplicados individualmente de forma a se obter um refinamento dos dados, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma do procedimento de seleção dos artigos



Fonte: autores, 2025.



A produção de biodiesel a partir de gorduras provenientes de vegetais, animais e matéria orgânica, sem a adição de diesel convencional, ou petrodiesel, foi definida como o escopo deste trabalho. Portanto, as investigações que envolveram tal mistura ou versaram exclusivamente sobre o desempenho de motores e a aplicação de Inteligência Artificial no processo produtivo foram excluídas.

O recorte temporal, a falta de barreira idiomática ou geográfica e as múltiplas formas de utilização de catalisadores foram necessários para discutir o estado atual de pesquisa e desenvolvimento da produção de biodiesel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao considerar a ampla gama de biomassa que pode ser utilizada para a produção de biodiesel, Caivano et al. (2025) analisaram a utilização de larvas da Mosca soldado-negro, Black Soldier Fly, (BSF) para a produção de biodiesel em razão da sua eficiente capacidade de converter resíduos em produtos com valor agregado. Esse autores constataram, ao aplicar, separadamente ou em forma de mix de vegetais, a alcachofra, o brócolis, a berinjela, o nabo, o funcho e pimentas, que a base alimentar composta de pimentas para as larvas BSF originou um material adequado para a produção de biodiesel em face do menor índice de acidez, 0,6 mg KOH/g, e de densidade, 0,86 g/ml. Os resultados encontrados por Caivano et al (2025) indicam uma alternativa para o problema da excessiva geração de resíduos orgânicos e a alternativa para a produção e para a utilização de bioenergia a partir desses insetos.

Ainda na seara das gorduras de não vegetais, o peixe-gato cru foi utilizado para ser a matéria-prima do óleo que serviu para a produção de biodiesel, com catalisador heterogêneo produzido com a espinha de peixe. O resultado da aplicação desse tipo de matéria-prima teve um rendimento de 96,85%, evidenciando a possibilidade de utilização de derivados do peixe-gato como alternativa para a agregação de valor à cadeia produtiva do peixe ao mesmo tempo em que fornece uma alternativa para a produção de biodiesel,



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

em virtude do baixo custo e do aproveitamento dos resíduos da indústria pesqueira (Agu et al., 2024).

No caso dos vegetais, Lakshmaiya, Devarajan e Raja (2025) destacaram a eficiência de óleo vegetal hidroprocessado em pó de casca de toranja, derivado do processamento de cítricos, portanto, um resíduo, e concluíram que esse produto possui viabilidade para ser empregado como biocombustível renovável de baixa emissão. Entretanto, esses autores enfatizam que são necessários outros parâmetros e estudos para verificar a durabilidade dos motores que possam ser sujeitos a esse tipo de biocombustível de modo a validar sua ampla aplicação. Esse resultado indica a necessidade de readequação das máquinas e equipamentos atualmente comercializados de forma que a utilização do biodiesel ocorra em maior escala, a nível global.

A mistura de óleo de girassol com substâncias voláteis como o etanol foi objeto de estudo de Balpande et al. (2025), que perceberam que a mistura de até 30% de etanol pode ser uma alternativa viável e ecologicamente correta para a mudança na matriz energética. Esses autores ressaltam ainda que não apenas a matéria-prima é essencial para a sustentabilidade das cadeias produtivas que utilizam o diesel como fonte de energia como também o método de obtenção do biocombustível - como menor quantidade de catalisador e a temperatura ambiente - é essencial para, de fato, se ter um produto e um processo sustentável. Ocorre, portanto, a necessidade de convergência entre o processo e o produto final de forma que todo o ciclo apresente a satisfação de todas as dimensões da Sustentabilidade, convergindo para as reflexões de Lakshmaiya, Devarajan e Raja (2025).

O biodiesel produzido a partir do pinhão-mansão (*Jatropha Curcas* L.) utilizando a casca da Mosambi (*Citrus Limetta*) como biocatalisador foi o objeto de investigação de Divyachandrika et al. (2025), que concluíram que a aplicação do resíduo da Mosambi é uma alternativa sustentável para a produção desse biocombustível uma vez que direciona o resíduo da Mosambi para uma aplicação econômica viável e alinhada com a demanda por combustíveis ecológicos. De forma adicional, esses autores investigaram a aplicação desse biodiesel em um motor Kirloskar CI e constataram que houve redução da emissão

de monóxido de carbono, 10,3%, e de dióxido de carbono, 19,7%. Apesar disso, um contraponto desse biodiesel é o aumento da emissão de fumaça em 2%, o que pode prejudicar sua popularização para uso em larga escala.

Rana et al. (2025) utilizaram a semente da manga e a semente do tamarindo para a produção de biodiesel, cujas características atenderam ao padrão normativo para a qualidade do diesel, ASTM D6751, como pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 - Propriedades comparadas do óleo das sementes de manga e tamarindo

Propriedades	Óleo de semente de manga	Óleo de semente de tamarindo	Padrão de biodiesel ASTM D6751	Óleo de referência Diesel
Densidade (Kg/m ³)	778.8	801.1	880	820-860
Viscosidade cinemática (cSt)	1.74	2.02	1.9-6	2-4.5
Ponto de inflamação (°C)	70	53	130	50-95
Número de cetano	48.8	70.4	47 (min)	55
Valor Calorífico (MJ/kg)	22	29	37-41	42-46

Fonte: Rana et al., 2025, p. 5, **tradução nossa**.

Contudo, o processo de obtenção do biodiesel a partir dessas matérias-primas apresentou limitações relativas ao rendimento do produto, ao custo da produção e apresentou impactos ambientais. Essas características podem não ser interessantes para uma produção ecológica global do biodiesel. Ainda assim, a análise isolada das matérias-primas indicam uma opção para esse tipo de produção.

O óleo da semente de Madras (*Phyllanthus maderaspatensis*) foi empregado para a produção de biodiesel a partir de catalisador de cromo produzido via síntese verde a partir da utilização do caule da berinjela. Nesse estudo, o rendimento de biodiesel alcançou a taxa de 92%, sendo produzido em uma única etapa, e representa uma via ambientalmente



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

viável e econômica, uma vez que utiliza não apenas matéria-prima vegetal como também um processo ecológico (Bibi et al., 2024). A confrontação entre os resultados de Rana et al. (2025) e de Bibi et al. (2024) revela que, em alguns casos, a questão sobre a possibilidade do uso da matéria-prima vegetal para a produção de biodiesel não é a questão primordial, mas como o processo produtivo de conversão dessa matéria-prima em biocombustível pode impactar o meio ambiente e o sistema econômico produtivo. Nessa questão, o produto final não se justifica se o processo produtivo é similarmente danoso ao meio ambiente quanto o combustível fóssil.

De forma complementar, ainda que o resultado final seja vantajoso do ponto de vista ambiental e econômico mas que gere efeitos poluentes, como o excesso de fumaça, como apontado por Divyachandrika et al. (2025), pode limitar o uso em virtude de pré-julgamentos sociais negativos sobre o produto final, requerendo um reposicionamento ou abandono do projeto do produto ou da matéria-prima.

É assim que surgem os resíduos nesse processo produtivo, como forma de aliar a redução dos impactos ambientais originados pelo descarte inadequado de resíduos dos processos industriais alimentícios e não alimentícios. Nesse sentido, o resíduo do óleo do caroço do algodão e do polímero polipropileno foram empregados por Guimarães et al. (2025) para a produção de bioenergia em função da alta taxa de concentração de carbono, 86,29% e 66,48%, respectivamente. Esses autores constataram que a conversão desses resíduos à base de triacilglicerol por meio da co-pirólise demonstra a versatilidade necessária para a aplicação na produção de energia, uma vez que produz eficientemente hidrocarbonetos sustentáveis.

Seguindo essas possibilidades de reaproveitamento, a viabilidade da utilização de óleo de cozinha usado associado à casca de arroz carregada com cobalto como catalisadora para a produção de biodiesel demonstrou excelente capacidade de produção, alcançando um rendimento máximo de 96,3% de biodiesel, de acordo com a análise de Khan et al. (2025). Outra forma de aplicação do óleo de cozinha para a produção de biodiesel consistiu na utilização de células compostas de *E. Coli* em Fe₃O₄-microesferas magnéticas de



quitosana como catalisador, cujo resultado demonstrou a conversão do óleo de cozinha usado em biodiesel na taxa de 89,19% (Zhao et al., 2025). Verifica-se, dessa forma, que o óleo de cozinha usado possui possibilidades de ser reaproveitado para a produção desse biocombustível, com espaço para a continuidade de pesquisas utilizando diferentes organismos e resíduos.

Ulukardesler (2025) avaliou a aplicação do resíduo do café turco como precursor de biodiesel e constatou que a utilização dessa matéria-prima, produzido em uma alta quantidade na Turquia, é uma via possível para a produção desse biocombustível, de forma a buscar a redução do valor final desse produto energético. Em países que apresentam alto consumo de café, portanto, o recolhimento do pó de café usado pode significar economia de escala e agregação de valor à Cadeia Produtiva do Café na persecução da Sustentabilidade Global.

No campo da aplicação de organismos para a produção de biodiesel, Faife et al. (2025) analisaram a aplicação da cepa de levedura *Rhodotorula toruloides*, especificamente a *Rhodotorula* MT372485, proveniente do melaço da cana-de-açúcar, como precursora para a produção de biodiesel a partir de óleos unicelulares e concluíram não apenas sua viabilidade para o incremento da produção desse tipo de combustível como também ressaltaram que a rota de produção desse biocombustível através dos subprodutos da cana-de-açúcar reduz o impacto ambiental da cadeia sucroalcooleira, no que tange ao descarte da vinhaça e do glicerol bruto, como também viabiliza, economicamente a produção de biodiesel.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação global sobre as possibilidades de produção de biodiesel a partir de biomassa, animal, vegetal ou residuária, demonstra o potencial de converter as mais diferentes matérias-primas nesse biocombustível. Entretanto, cuidados adicionais têm sido revelados para que a produção de biodiesel seja, de fato, sustentável.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

A matéria-prima, o processo produtivo e os efeitos finais do produto precisam estar alinhados com as dimensões da sustentabilidade e, portanto, com a opinião pública de forma que a mudança na matriz energética global ocorra de forma eficiente. Nesse quesito, as projeções apontam que o Brasil estará entre os países que poderão liderar essa mudança e tal fato se justifica pela natureza agrícola do país e do seu protagonismo na produção e exportação de *commodities* vegetais. Além disso, a utilização de outros tipos de gorduras, que podem ser reutilizadas, pode fomentar tal cenário futuro.

O que se depreende, por ora, das pesquisas atuais sobre biodiesel é que, do ponto de vista estritamente científico e produtivo, há viabilidade para a diversificação e avanços para a produção e utilização em larga escala desse tipo de produto.

Verifica-se, também, lacunas que podem ser investigadas quanto ao efeito social do resultado da utilização do biodiesel nas diferentes culturas.

REFERÊNCIAS

ABIRAMI, M.; DAS, D. Sustainable energy transitions: Evaluating microalgal biodiesel feedstocks using multi-criteria decision making techniques. **Energy Reports**, v. 13, p. 4163-4181, 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Painel Dinâmico de Produtores de Biodiesel**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-e-mapa-dinamicos-de-produtores-de-combustiveis-e-derivados/painel-dinamico-de-produtores-de-biodiesel> . Acesso em: 07 out. 2025.

AGU, C. M. et al. Biodiesel production from waste cat fish oil using heterogeneous catalyst from cat fish born: A viable waste management approach, and ANN modeling of biodiesel yield. **Waste Management Bulletin**, v. 1, n. 4, p. 172-181, 2024.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

BALPANDE, M. A. et al. Synthesis of biodiesel and prepared its blend: An ecofriendly, clean, alternative, and sustainable energy source. **Tetrahedron Green Chem**, v. 5, p. 100074, 2025.

BIBI, H. et al. Green synthesis of highly active and recyclable chromium oxide nanocatalyst for biodiesel production from novel nonedible oil seeds. **GCB Bioenergy**, v. 16, n. 5, p. e13140, 2024.

CAIVANO, I. et al. From insect lipids to biodiesel through the bioconversion process of vegetable by-products. **Journal of Environmental Management**, v. 393, p. 126976, 2025.

DIVYACHANDRIKA, D. et al. Enhancing Jatropha oil biodiesel by using Citrus Limetta peels as a biocatalyst: A sustainable way to reduce emissions and enhance the efficiency of CI engine. **International Journal of Thermofluids**, v. 24, p. 100989, 2024.

Embrapa Soja. **Soja em números (safra 2024/25)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 08 out. 2025.

FAIFE, E. et al. Use of Wastewaters from Ethanol Distilleries and Raw Glycerol for Microbial Oil Production. **Processes**, v. 13, n. 2, p. 467, 2025.

GUIMARÃES, I. de C. et al. Assessment of Co-Pyrolysis of Polypropylene with Triacylglycerol-Based Waste Biomass to Obtain Sustainable Hydrocarbons. **Sustainable Chemistry**, v. 6, n. 2, p. 12, 2025.

GUTIÉRREZ-LÓPEZ, A. et al. Fast biodiesel production using K₂Fe₃O₄ catalyst for CH₃O• radical-mediated transesterification of soybean, Jatropha and Ricinus oils. **Energy Conversion and Management X**, v. 26, p. 101033, 2025.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

HANAFY, M. A. et al. Life Cycle Assessment of Facile Applicable Biodiesel Production. **South African Journal of Chemical Engineering**, v. 57, p. 291-307, 2025.

JAYANNA, V. B. et al. Experimental investigation of quaternary blends of diesel/hybrid biodiesel/vegetable oil/heptanol as a potential feedstock on performance, combustion, and emission characteristics in a CI engine. **Energy Science & Engineering**, v. 12, n. 10, p. 4210-4235, 2024.

LAKSHMAIYA, N.; DEVARAJAN, Y.; RAJA, T. Assessment and impact of grapefruit Peel powder hydro processed vegetable oil (GPPHVO) blends in diesel engines under different fuel nozzle opening pressure on performance and emissions. **Results in Chemistry**, p. 102445, 2025.

LEE, K.; CHO, H. Comparative analysis of performance and emission characteristics of biodiesels from animal fats and vegetable oils as fuel for common rail engines. **Energies**, v. 17, n. 7, p. 1711, 2024.

MOHAMMED, A. S.; ANCHA, V. R.; ATNAW, S. M. Ultrasonication versus magnetic stirring influence on optimal process parameters for FAME biodiesel production from Croton Macrostachyus seed oil. **Results in Chemistry**, p. 102398, 2025.

KHAN, L. A. et al. Investigation of Novel Transition Metal Loaded Hydrochar Catalyst Synthesized from Waste Biomass (Rice Husk) and Its Application in Biodiesel Production Using Waste Cooking Oil (WCO). **Sustainability**, v. 16, n. 17, p. 7275, 2024.

RANA, M. M. et al. Production and analysis of biodiesel from mango seed kernels and tamarind seeds using hybrid approach of solvent extraction and transesterification. **Results in Engineering**, v. 25, p. 103983, 2025.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

SELVAM, C.; DEVARAJAN, Y.. Performance and emission analysis of sterculia foetida biodiesel enhanced with butanol: Combustion efficiency and emission mitigation. **Results in Engineering**, v. 25, p. 104586, 2025.

SOBRINHO, I. de A. et al. Catalytic solid derived from residual bean husk biomass applied to sustainable biodiesel production: preparation, characterization, and regeneration study. **RSC advances**, v. 15, n. 9, p. 7050-7068, 2025.

TAMILSELVAN, P.; NALLUSAMY, N.; RAJKUMAR, S. A comprehensive review on performance, combustion and emission characteristics of biodiesel fuelled diesel engines. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 79, p. 1134-1159, 2017.

TENCI, N. A. et al. Biorefinery for a circular carbon paradigm: process benefits to the use of dryland CAM crops for anaerobic volatile fatty acid production. **Biotechnology for Biofuels and Bioproducts**, v. 18, n. 1, p. 85, 2025.

THORVE, U. U. et al. Evaluation of Moringa oleifera biodiesel and ethanol blends: Impact on fuel properties and mathematical modeling. **Next Energy**, v. 7, p. 100231, 2025.

ULUKARDESLER, A. H. Sustainable Biodiesel Production from Turkish Coffee Waste Oil: A Comparative Study with Homogeneous and Heterogeneous Catalysts. **Processes**, v. 13, n. 4, p. 1002, 2025.

ZHAO, Z. et al. Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Recombinant Escherichia coli Cells Immobilized into Fe₃O₄–Chitosan Magnetic Microspheres. **Molecules**, v. 29, n. 15, p. 3469, 2024.