INGI – INDICAÇÃO GEOGRÁFICA E INOVAÇÃO
Vol. 10, n. 4, p. 3701-3718. Out/Nov/Dez (2026)
ISSN: 2594-8288
DOI: 10.51722/Ingi.v10.i4.3

OPEN ACCESS
www.api.org.br

ADSORBENTS FOR BIODIESEL PURIFICATION: CURRENT LANDSCAPE AND TECHNOLOGICAL PERSPECTIVES

ADSORVENTES PARA PURIFICAÇÃO DO BIODIESEL: CENÁRIO ATUAL E PERSPECTIVAS TECNOLÓGICAS

Mário Gabriel dos Santos Silva[1]; Vivianni Marques Leite dos Santos[2]

[1]Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Juazeiro/BA. Brasil
mario.silva@discente.univasf.edu.br. https://orcid.org/0009-0003-4391-4187.
[2]Programa de Pós-Graduação Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação – PROFNIT. Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Juazeiro/BA. Brasil.
vivianni.santos@univasf.edu.br. https://orcid.org/0000-0001-8741-8888.

Resumo

A purificação é uma etapa crítica na produção de biodiesel, tradicionalmente realizada por lavagem aquosa, o que gera grandes volumes de efluentes poluentes. Em resposta a esse impacto, a purificação via adsorção pode constituir uma alternativa. Este trabalho contém uma revisão da literatura combinada a uma prospecção tecnológica sobre o uso de adsorventes neste processo. A busca em bases científicas foi realizada nas plataformas Scopus e Web of Science, resultando na seleção e análise aprofundada de 7 estudos experimentais, complementada pelo mapeamento de patentes na plataforma Orbit e, adicionalmente, na base de dados do INPI. Os resultados permitem concluir que, embora adsorventes sintéticos como o Magnesol® e a sílica gel permaneçam como referência de eficiência na remoção de glicerol livre, sabões e metais, materiais não convencionais e resíduos agroindustriais podem apresentar desempenho promissor. As análises também revelaram o evidente protagonismo do Sul Global, com o Brasil ocupando a 2ª posição em produção científica na base Scopus, à frente de grandes potências econômicas, mas que o cenário se inverte quando verificada a prospecção tecnológica, quando o Brasil passa a ocupar a 5ª posição. Essa diferença sugere uma distância entre produção científica e proteção patentária, embora não permita inferir, isoladamente, as suas causas. Assim, os resultados permitem concluir que há oportunidades para ampliar a investigação de adsorventes alternativos, bem como sugerem estudos futuros acerca de políticas públicas que incentivam a publicação em periódicos científicos e aquelas que promovem o desenvolvimento/identificação de tecnologias passíveis de proteção por patentes, como possível causa da diferença entre a produção científica e a patentária brasileiras.

Palavras-chave: Biodiesel; Purificação; Adsorção; Prospecção tecnológica.

Abstract

Purification is a critical step in biodiesel production, traditionally carried out through aqueous washing, which generates large volumes of polluting effluents. In response to this impact, purification via adsorption can constitute an alternative. This study presents a literature review combined with a

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

technological prospection on the use of adsorbents in this process. The search in scientific databases was conducted on the Scopus and Web of Science platforms, resulting in the selection and in-depth analysis of 7 experimental studies, complemented by patent mapping on the Orbit platform and, additionally, in the INPI database. The results lead to the conclusion that, although synthetic adsorbents such as Magnesol® and silica gel remain the benchmark for efficiency in removing free glycerol, soaps, and metals, unconventional materials and agro-industrial residues can exhibit promising performance. The analyses also revealed the clear prominence of the Global South, with Brazil ranking 2nd in scientific production in the Scopus database, ahead of major economic powers; however, the scenario reverses when looking at technological prospection, where Brazil drops to the 5th position. This difference suggests a gap between scientific production and patent protection, although it does not allow for inferring its causes in isolation. Thus, the results point to opportunities for expanding the investigation of alternative adsorbents and suggest future studies on public policies that incentivize publication in scientific journals, as well as those that promote the development or identification of patentable technologies, as a potential cause of the disparity between Brazilian scientific production and patent activity.

Keywords: Biodiesel; Purification; Adsorption; Technological prospecting.

1 Introdução

No Brasil, a mistura obrigatória de biodiesel ao diesel fóssil começou em 2008, no teor de 2%, após a Lei nº 11.097/2005. O teor foi ampliado ao longo dos anos e passou a 14% em março de 2024. Após suspensão temporária do aumento inicialmente previsto para março de 2025, o teor obrigatório de 15% (B15) entrou em vigor em 1º de agosto de 2025, conforme a Resolução CNPE nº 9/2025. Esse contexto regulatório contribui para a relevância da produção e do controle de qualidade do biodiesel, embora não permita, por si só, atribuir tendências de pesquisa a uma política específica.

Segundo Guiducci e Seger (2019), a produção nacional apresentou um aumento de mais de 350% em dez anos, consolidando a soja como principal matéria-prima e exigindo do setor agroindustrial uma adaptação contínua para atender aos novos patamares de consumo. Como consequência, tal expansão significativa de mercado também pode implicar em desafios técnicos e regulatórios. Como destaca Rodrigues (2021), o desenvolvimento da indústria de biodiesel no Brasil não depende apenas de volume, mas de um processo produtivo rigoroso que siga o marco regulatório, assegurando a qualidade do biocombustível e a segurança energética nacional.

É diante dessa exigência de qualidade que Pinheiro Filho (2024) faz ressalvas no sentido de que as inovações na cadeia produtiva são essenciais para superar os gargalos atuais. O método convencional de produção é a transesterificação, a reação dos triacilgliceróis com álcool na presença de um catalisador, gerando ésteres e glicerol (Navas *et al*., 2018). Contudo, esse processo resulta em um biodiesel bruto contendo impurezas, tais como sabões, álcool, glicerina e resíduos de catalisador. Tradicionalmente, a remoção desses contaminantes é feita via 'lavagem aquosa', que gera volumes de

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

água, que podem resultar em efluentes poluentes. É em resposta a essa ineficiência ambiental que Jariah *et al*. (2021) destacaram a urgência de tecnologias para a lavagem a seco (*dry washing*), como a adsorção e o uso de membranas, essenciais para reduzir a pegada ambiental e evitar a hidrólise do produto final.

Assim, diante da necessidade de atender à crescente demanda projetada e às exigências de qualidade do biodiesel e seu processo de produção, este trabalho apresenta uma revisão da literatura somada a uma prospecção tecnológica sobre os adsorventes utilizados durante a purificação do biodiesel. O objetivo central do estudo é mapear o atual cenário e nortear o desenvolvimento de novas pesquisas, com foco nas tecnologias de purificação mais sustentáveis e eficientes.

2 Metodologia

Esta pesquisa é caracterizada como bibliográfica, a qual, de acordo com Gil (2008), é desenvolvida a partir da busca e análise de fundamentos teóricos e pesquisas divulgadas em livros e artigos científicos. Adicionalmente, também caracteriza-se como análise bibliométrica descritiva, que consiste em uma ramificação da análise bibliográfica. Enquanto um estudo bibliográfico consiste na abordagem direcionada a compreensão do tema, aquele bibliométrico descritivo proporciona a base para mapear como esse tema se comporta e evolui no cenário científico. Ademais, também foi realizada prospecção tecnológica/patentária, para identificação das fontes de informação tecnológica acerca do tema foco da pesquisa, tal como abordado por Pimenta (2017).

A abordagem tem a finalidade de proporcionar melhor entendimento dos possíveis gargalos ou limitantes associados à purificação do biodiesel, o que contribui para proposição de hipóteses futuras com base na análise dos artigos e patentes identificadas. O estudo foi conduzido em três etapas consecutivas: (i) mapeamento bibliométrico, (ii) análise da aplicação de adsorventes na purificação do biodiesel e (iii) prospecção de patentes.

2.1 Estratégia de Busca e Seleção das Bases de Dados

Para dirimir possíveis perdas de informações durante o levantamento, foram adotadas estratégias de busca criteriosas e escolhidas as principais bases de dados, tanto para a pesquisa bibliográfica, quais sejam a *Scopus* e *Web of Science*, destacadas por Costa, Silva e Assunção (2023), como também para a patentária: a plataforma *Orbit Intelligence* e a base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), cuja escolha do *Orbit Intelligence* (Questel, 2026) se deve ao fato de reunir mais de 70 escritórios de patentes, tais como a base americana USPTO (EUA) e a

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

base europeia EPO e também o INPI). Esse último foi pesquisado também a parte diante deste estudo ser realizado no Brasil e haver diferentes datas de atualizações das plataformas, o que pode resultar em pequenas diferenças, de tal modo que se evita perda de informação.

As buscas foram novamente realizadas no mês de Outubro de 2026 para atualização dos dados. Durante essa etapa, a estratégia de busca considerou todo o período disponível nas plataformas, com a busca restrita aos campos "título" e "resumo" para buscas nas bases de patentes e aos campos "título", "resumo" e "palavras-chave" e sem restrição de idioma inicial para as bases de periódicos.

A definição das palavras-chave foi feita inicialmente utilizando termos mais abrangentes e, em seguida, termos mais específicos. Ao final, com base nos maiores quantitativos a partir das buscas nos títulos e resumos, concluiu-se pelo uso das combinações: “Adsorbent*” (para considerar o domínio tecnológico geral); “Adsorbent* AND Biodiesel” (para identificar o nicho da aplicação); “Adsorbent* AND Biodiesel AND Purification" e, finalmente, mais três combinações "Adsorbent* AND Biodiesel AND Dry Wash*”, "Biodiesel AND Dry Wash*” e "Biodiesel AND dry purification", a fim de analisar tecnologias mais específicas, tal como aquelas utilizadas no processo de purificação a seco, em razão da necessidade de purificação a seco, a qual foi apontada por Jariah *et al*. (2021).

Para aprofundamento ou análise micro, conforme Santos Júnior, Santos e Coelho (2019), foram selecionados estudos focados na purificação direta do biodiesel via adsorventes sólidos que estivessem dentro do período mais recente, entre 2015 e 2025, os quais foram lidos por completo. Paralelamente, para realização da prospecção tecnológica, o mapeamento compreendeu todo o período disponível nas bases utilizadas (*Orbit* e INPI), com a análise organizada por famílias e datas de primeira prioridade. Acrescenta-se ainda, que na base do INPI, as palavras-chave foram utilizadas na língua portuguesa.

Tanto a partir da literatura científica, quanto a partir das produções patentárias, analisou-se a evolução temporal e a distribuição geográfica, permitindo identificar como vem se desenvolvendo a temática ao longo dos anos, bem como onde estão sendo produzidos tais conhecimentos no contexto global.

2.2 Limitações do Estudo

Os resultados deste trabalho devem ser interpretados considerando as limitações inerentes a estratégia de busca, como as palavras-chave utilizadas, a data de recorte, as diferenças de indexação e cobertura entre as bases *Scopus*, *Web of Science* e *Orbit*. Adicionalmente, a análise temporal de

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

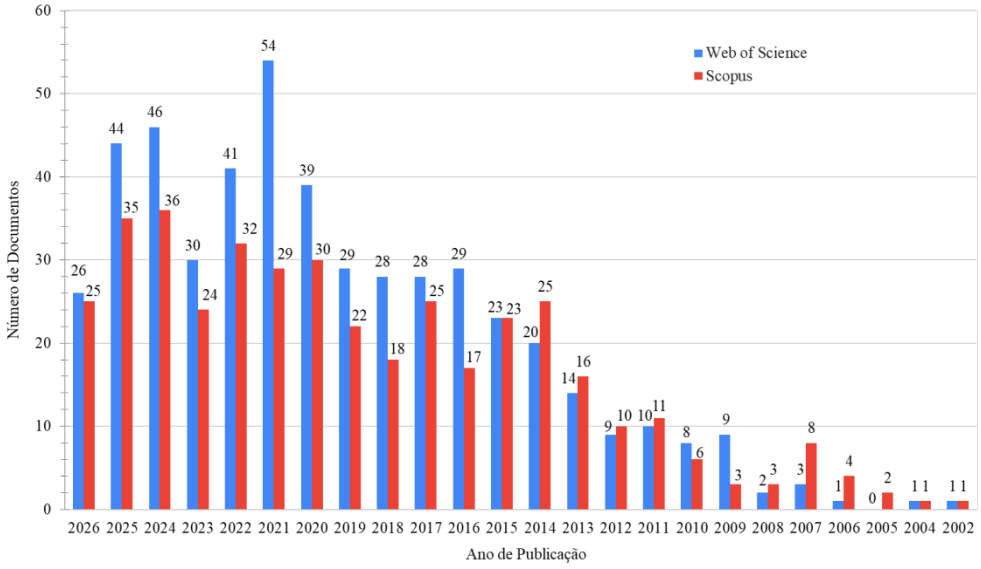
anos recentes (2025 e 2026), para patentes, é afetada por atrasos devido ao período legal de sigilo, que no Brasil é de 18 meses, o que pode subnotificar invenções recentes.

3 Resultados e discussão

No contexto da produção científica na área, destaca-se um número considerável de documentos quando considerado todo o período de abrangência. Na base *Scopus* e *Web of Science* (WoS), por exemplo, foram identificadas 174.155 e 23.921 publicações, respectivamente, quando buscado pelo termo "Adsorbent*", com as primeiras ocorridas no ano de 1916 e 1934, também respectivamente, o que pode estar relacionado com a importância dos adsorventes na indústria, com evidência da tendência de crescimento em ambas as bases. Exemplificando, na base *Scopus*, registra-se 5.509 publicações/ano no ano de 2015 e aproximadamente o triplo no ano de 2025 (14.534 publicações/ano).

Restringindo às pesquisas com associação de adsorventes ao Biodiesel, ou seja, usando a combinação "Adsorbent* AND Biodiesel", e analisando-se a evolução ao longo dos anos (Figura 1), pode-se verificar que as primeiras publicações indexadas no ano de 2002 em ambas as bases, esta data está próxima a 2005, ano em que foi aprovada a inserção facultativa do Biodiesel no diesel (BRASIL, 2005).

Figura 1 – Comparativo da evolução temporal das publicações indexadas nas bases *Scopus* e *Web of Science* utilizando o descritor "Adsorbent* AND Biodiesel" nos campos título, resumo e palavras-chave



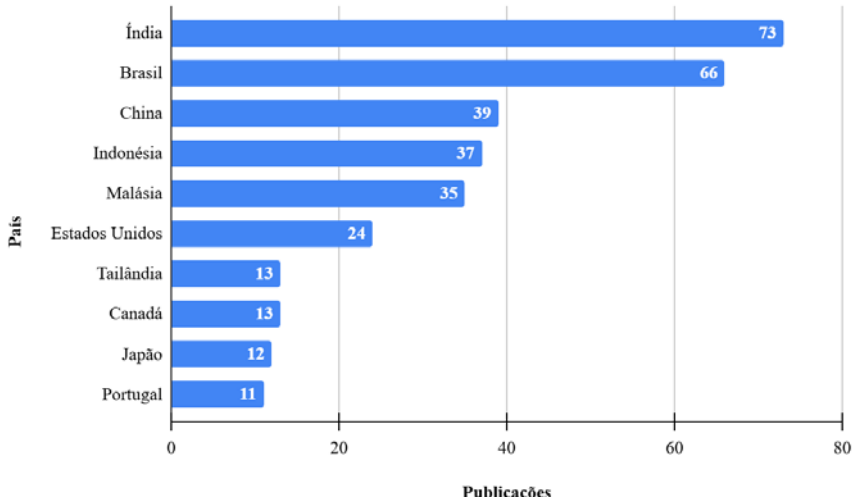
Fonte: Elaboração própria (2026)

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

Isso posto, a busca totalizou 406 e 502 documentos nas bases *Scopus* e *Web of Science*, respectivamente. Ao confrontar estes dados com aqueles apresentados na análise anterior, aponta-se que as pesquisas que restringem ao uso dos adsorventes no processo de produção do biodiesel correspondem a aproximadamente 0,23% na *Scopus* e 2,1% na *Web of Science*. Até a data atual, o número de publicações vem crescendo, com maior evidência nos periódicos indexados na base *Web of Science*.

Sob a ótica geopolítica (Figura 2), o Brasil se destaca como o segundo maior produtor mundial de conhecimento publicado em periódicos nesta área, com base nos descritores "Adsorbent*" e "Biodiesel", somente após a Índia, com um total de 66 documentos recuperados, posicionando-se à frente de potências científicas como China e Estados Unidos. Tal destaque do Brasil no cenário científico é corroborado por Ramirez e Petersen (2026) quando evidenciaram o Brasil como um dos emergentes do Sul Global, ressaltando a sua crescente influência científica.

Figura 2 -Países com publicações indexadas na base *Scopus* utilizando o descritor "Adsorbent* AND Biodiesel" nos campos título, resumo e palavras-chaves



Fonte: Elaboração própria (2026)

Atribui-se o desempenho do Brasil neste cenário (Figura 2) ao arcabouço legal voltado ao aumento do percentual obrigatório do biodiesel no diesel, conforme Resoluções do Conselho Nacional de Políticas Energéticas citadas na introdução, uma vez que a transição para teores mais elevados de biocombustível gera lacunas significativas quanto à necessidade de aumento da produção e qualidade do produto final, demandando, portanto, pesquisas contínuas em adsorventes para a purificação e estabilização de combustíveis.

Finalmente, considerando a menção da purificação a seco, a combinação "Adsorbent* AND Biodiesel AND Purification" retornou 115 documentos na base *Scopus* e 123 na *Web of Science*

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

(WoS). Quando a busca se direcionou ao termo de lavagem a seco associado a adsorventes ("Adsorbent* AND Biodiesel AND Dry Wash*"), os quantitativos ficaram mais restritos, totalizando 35 documentos na *Scopus* e 39 na WoS. Ao ampliar a análise, a variação "Biodiesel AND Dry Wash*" resultou em 113 registros na *Scopus* e 177 na WoS, enquanto "Biodiesel AND Dry Purification*" apresentou 212 resultados na *Scopus* e 173 na WoS.

3.1 Análise da aplicação de adsorventes no processo de purificação do biodiesel

Para maior detalhamento acerca da aplicação de adsorventes durante processo de purificação do biodiesel, foram selecionados 12 artigos que tratam do processo de produção do biodiesel, dos quais 5 foram descartados por apresentarem foco em purificações apenas indiretas à(s) etapa(s) de purificação do biodiesel em si, tais como a purificação da matéria-prima, como o óleo, e a purificação ou tratamento da água de lavagem resultante de etapa do processo. O estudo de Ismail e Ali (2015), por exemplo, investigou adsorventes focados apenas na redução prévia da acidez do óleo de fritura residual, que por esta razão, foi excluído. Dessa forma, a seleção final consolidou 7 pesquisas estritamente dedicadas à purificação direta do biocombustível via leitos sólidos (Quadro 1).

Quadro 1 – Aplicações de adsorventes em relação ao percentual de redução de contaminantes

Referência	**Adsorvente estudado**	**Principais resultados**
Munoz *et al*. (2024)	Fibra de coco, casca de banana, café e bagaço	A fibra de coco removeu 67% de glicerol (rota metílica) e 70% (etílica). Todas as amostras purificadas com a fibra de coco atenderam aos limites de viscosidade da ANP.
Zhou *et al*. (2024)	Sílica e alumina (nano/micro) hidratadas (1-20% umidade)	A nano-sílica com 15% de água foi a mais eficaz. A camada de água aumentou a seletividade e reduziu drasticamente a perda de ésteres.
Avinash e Murugesan (2017)	Cinzas de esterco bovino	1% (m/m) de cinzas apresentou eficiência de purificação bastante similar àquela obtida utilizando lavagem aquosa, ainda com a vantagem de manter menor umidade residual.
Santos *et al*. (2017)	Argila Chamote	Otimização via RSM (*Response Surface Methodology*) indicou 2,4% de adsorvente a 45ºC para reduzir glicerol a < 0,01%.
Fregolente *et al*. (2015)	Hidrogéis de poliacrilamida (PAAm)	Removeu até 53,3% da água total no biodiesel, partindo de um patamar inicial de cerca de 2100 ppm. O mesmo material foi lavado, desidratado com etanol e reutilizado ao longo de

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

		10 meses, mantendo a capacidade de retenção hídrica praticamente a mesma.
Masoumifard *et al.* (2015)	Zeolítica Core@Shell (sílica mesoporosa e silicalita-1)	Atuou por exclusão, o núcleo mesoporoso reteve o glicerol enquanto a casca impediu a entrada de Biodiesel, evitando sua perda.
Nitièma-Yefanova (2015)	Cinza de Casca de Arroz (Subdividida cinza-clara e cinza-escura/preta contendo carvão ativado) e Cinza de Casca de Milho.	Reduziu a água em até 47% (no biodiesel de Jatropha), o glicerol livre em até 69% e o potássio residual em até 97% (no biodiesel de Balanites).

Fonte: Elaboração própria (2026)

Importante destacar que, em todas as pesquisas selecionadas (Quadro 1), os autores estudaram a aplicação dos adsorventes no processo de purificação, sem uso da etapa de lavagem (purificação a seco) e apenas os autores Avinash e Murugesan (2017) registraram comparação com a realização da etapa de lavagem, obtendo resultados similares quando escolhida a purificação a seco, ou seja, sem a etapa de lavagem, com a vantagem de manter umidade residual menor. Assim, os resultados descritos no Quadro 1 apontam possíveis ganhos a partir da adoção da purificação a seco.

Por outro lado, compreende-se que o uso de resíduos, tal como proposto por Munoz *et al*. (2024), Nitièma-Yefanova (2015) e por Avinash e Murugesan (2017), pode ser promissor quanto ao custo-benefício e pelo alinhamento aos conceitos de economia circular. Ademais, a introdução de materiais mais complexos, como aquele proposto por Masoumifard *et al*. (2015), pode minimizar o problema da perda de rendimento por retenção, um desafio no processo de purificação, ao combinarem superfícies que repelem as moléculas de biodiesel e capturam seletivamente apenas as impurezas polares, demonstrando um desempenho promissor para a purificação a seco.

3.2 Prospecção tecnológica de patentes

A prospecção tecnológica conduzida na base *Orbit Intelligence* (Questel, 2026) ou apenas *Orbit*) revelou um universo de 88.849 patentes associadas a palavra-chave "Adsorbent*", entre as quais, ao adicionar "Biodiesel" (linha 2 da Tabela 2), apenas 103 patentes se referem especificamente a purificação do biodiesel. Nesse sentido, observa-se uma baixa representatividade da purificação de biodiesel dentro do vasto mercado de adsorventes (0,11%), ainda menor do que aquele verificado nas bases de periódicos (0,2%). Ademais, ao acrescentar "Dry Wash*" (linha 4 da Tabela 4), observou-se 4 pedidos de patentes, ou seja, sendo possível identificar apenas 2 patentes que usam adsorventes

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

na etapa de purificação e nenhuma destas identificadas nesta plataforma é de titularidade brasileira ou mesmo com pedido de proteção no Brasil.

Tabela 2 – Resultados da prospecção tecnológica na base do *Orbit Intelligence*, com palavras presentes nos campos "título" e "resumo"

Palavras-Chave (String)	Famílias de Patentes Identificadas
Adsorbent*	88.849
Adsorbent* AND Biodiesel	103
Adsorbent* AND Biodiesel AND Purification	33
Adsorbent* AND Biodiesel AND Dry Wash*	0
Biodiesel AND Dry Wash*	5

Fonte: Elaboração própria com dados a partir de *Orbit Intelligence* (Questel, 2026)

Sucessivamente, ao analisar a situação jurídica das patentes estritamente ligadas à purificação do biodiesel (universo de 103 famílias, Linha 2 da Tabela 2), pode-se observar de forma ainda mais nítida a dificuldade de consolidação mercadológica deste tipo de tecnologia. Os dados extraídos revelam que uma parcela majoritária de 45 patentes está na situação legal nomeada “Caducada” (43,69%), ou seja, passaram para o domínio público devido ao não pagamento de anuidades ou à ausência de exploração comercial. No Brasil, de acordo com o Art. 80 da Lei nº 9.279/1996 (BRASIL, 1996), a patente é considerada “Caducada” caso não seja explorada após decorridos 2 anos da concessão da primeira licença compulsória, caso esse prazo não tenha sido suficiente para prevenir ou sanar o abuso ou desuso. Somam-se a estas, 29 patentes Revogadas (28,16%), invalidadas por falhas nos requisitos de patenteabilidade, e 5 Expiradas (4,85%), que atingiram o fim natural do prazo legal de validade. Em suma, um percentual altíssimo das tecnologias prospectadas (76,70%) é formado por patentes já inativas.

Por outro lado, o cenário de tecnologias ativas e protegidas é bastante restrito, o resultado da busca no *Orbit* revelou que apenas 19 patentes estão na situação de “Concedidas” (18,45%), ou seja, estão legalmente aptas para exploração comercial, e outros 5 pedidos estão Pendentes de análise (4,85%). Estes números apontam a tese de que, apesar do forte interesse acadêmico evidenciado na literatura, o desenvolvimento de adsorventes para a purificação do biodiesel enfrenta um possível "vale da morte" tecnológico até alcançar a consolidação industrial.

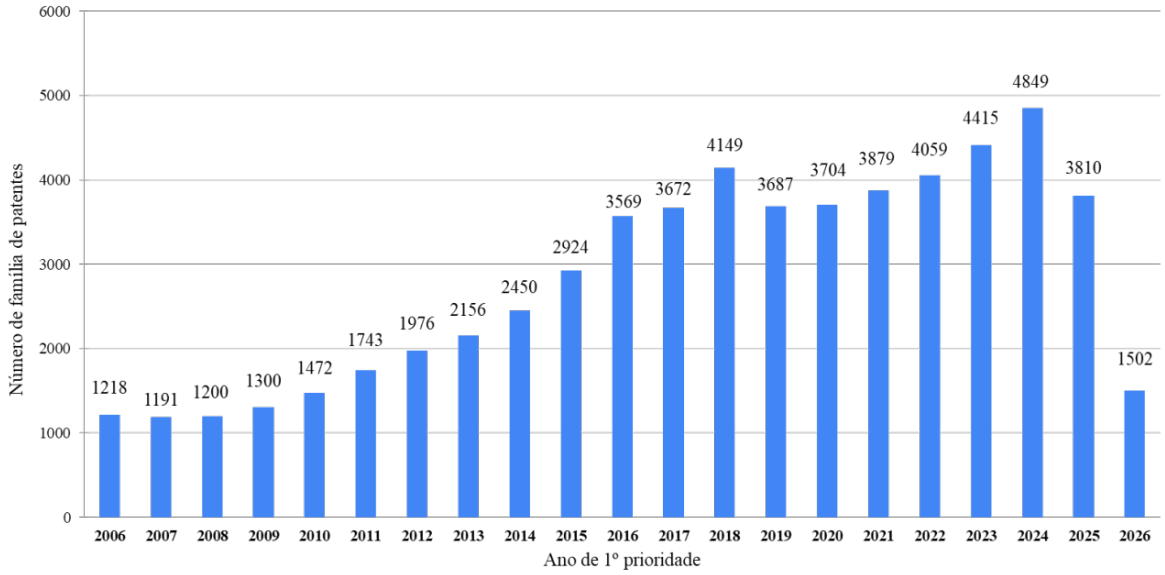
Quanto à evolução temporal dos pedidos de famílias de patentes contendo a palavra-chave "Adsorbent*", considerou-se o ano de primeira prioridade, ou seja, a partir da data do primeiro depósito, verificando-se que o primeiro pedido foi depositado no ano de 1906 nos Estados Unidos, a qual foi concedida e também protegida na França. Em tal invenção, está previsto um suporte que pode

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

ser um hidrogel composto por um óxido de silício, germânio, cromo, tungstênio, titânio, alumínio, estanho, entre outros, bem como um hidrogel parcialmente desidratado, ou ainda um gel poroso rígido totalmente seco, ou, alternativamente, um material como terra de Fuller, entre outros.

Para a visualização da referida evolução temporal em gráfico, delimitou-se um recorte temporal correspondente aos últimos 20 anos (2006 a 2026). Com isso pode-se discutir mais detalhamente o cenário de desenvolvimento tecnológico mais recente, quando é possível concluir que há um crescimento contínuo no número de famílias de patentes no período analisado (Figura 3), com 1.218 famílias em 2006 e atingindo 4.849 depósitos por ano em 2024. É importante ressaltar que o declínio observado nos anos de 2025 (3.810) e 2026 (1.502) não são dados conclusivos e, portanto, não permite corroborar, nesta pesquisa, a retração do setor, o que se deve aos períodos de sigilo dos documentos, sendo o mínimo igual a 18 meses, o qual é praticado no Brasil, conforme o Artigo 30 da Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996, que trata diretamente da propriedade industrial.

Figura 3 - Evolução temporal das proteções patentárias utilizando a palavra-chave "Adsorbent*" (2006-2026)



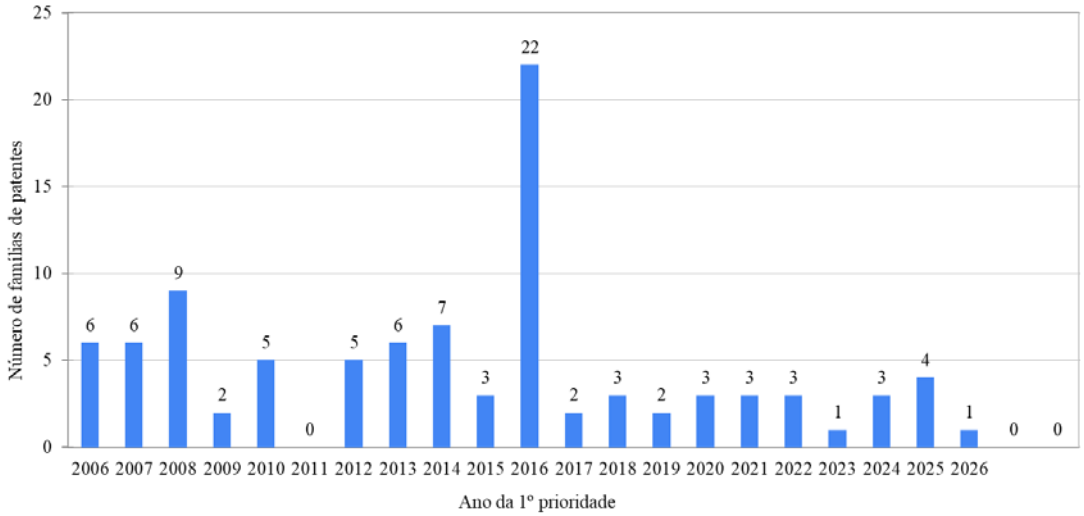
Fonte: Elaboração própria com dados a partir de *Orbit Intelligence* (Questel, 2026)

Enquanto o cenário macro de adsorventes nos últimos 20 anos apresentou um crescimento quase linear (atingindo 4.849 patentes em 2024), uma segunda análise, aquela associada especificamente aos adsorventes aplicados ao processo de produção do biodiesel (Figura 4), permite verificar que as quantidades anuais oscilam predominantemente entre 1 e 7 registros, com um pico bastante evidente no ano de 2016, com 22 famílias de patentes, o que reforça a tese de que a purificação de biodiesel via adsorção ainda está em andamento e que há opções alternativas ao silicato de magnésio hidratado (MgO.nSiO2.xH2O), o magnesol®, amplamente utilizado pelas indústrias

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

atualmente (Coelho *et al.*, 2020). Por outro lado, como não há indícios de substituição desse adsorvente, também verifica-se a lacuna relacionada a invenção de um novo adsorvente mais atrativo, capaz de mudar o atual cenário industrial. Assim, diante da significativa produção acadêmica, contida neste trabalho (Figura 1), espera-se que haja potenciais novos adsorventes de interesse para o mercado e, portanto, potenciais candidatos à proteção por patentes.

Figura 4 - Evolução temporal das proteções patentárias utilizando as palavras-chaves "Adsorbent*" AND "Biodiesel" (2006-2026)

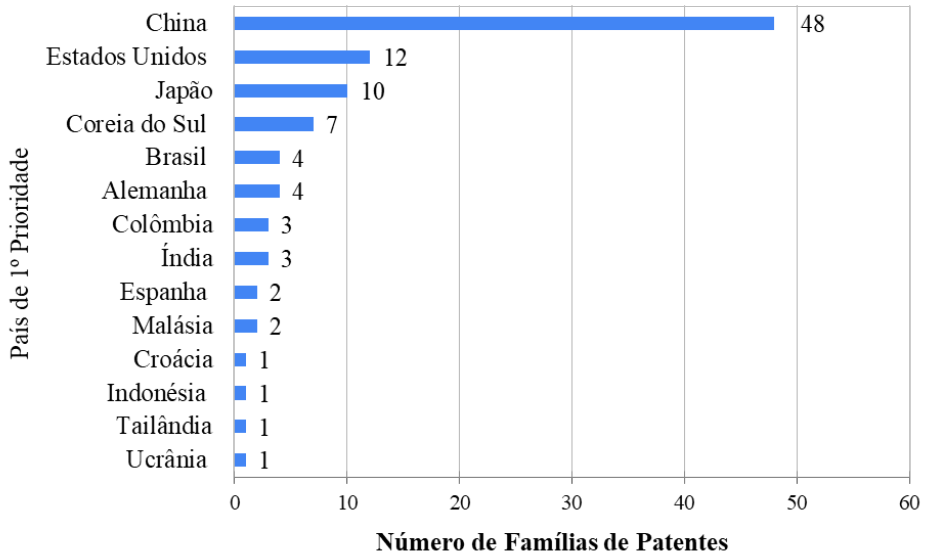


Fonte: Elaboração própria com dados a partir de *Orbit Intelligence* (Questel, 2026)

No contexto geográfico global da distribuição de patentes com proposts de adsorventes para purificação do biodiesel (utilizando a combinação de palavras: "Adsorbent*" e "Biodiesel"), verificou-se que os quantitativos de patentes são pouco expressivos quando comparados àqueles das publicações em periódicos científicos na base *Scopus* (Figura 2), tanto no Brasil, com apenas 4 patentes em comparação com 66 artigos científicos, quanto na Índia, com apenas 3 patentes diante de 73 artigos científicos. A China, por sua vez, além de liderar o *ranking* de famílias de patentes (48), também inverte o cenário previsto quanto ao potencial de aplicação no mercado, dado que o número de patentes é maior do que aquele de artigos publicados em periódicos (39).

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

Figura 5 - Países de primeira prioridade das famílias de patentes utilizando os descritores "Adsorbent*" e “Biodiesel” dados a partir do *Orbit*, nos campos título e resumo



Fonte: Elaboração própria com dados a partir de *Orbit Intelligence* (Questel, 2026)

Assim, verifica-se que enquanto a Índia (1º lugar) e o Brasil (2º lugar) lideram isoladamente o *ranking* global de publicações na *Scopus* (Figura 2), que são publicações que chegam facilmente ao domínio público, a China desponta como líder isolada na produção tecnológica com potencial de mercado voltada aos adsorventes com aplicação no biodiesel, seguida pelas entradas de depósitos na Organização Mundial da Propriedade Intelectual (conhecida em inglês como WIPO), e com destaque também para o Japão e os Estados Unidos, quando a produção está voltada aos ativos patenteáveis. Assim, no cenário de produção com maior potencial de desenvolvimento econômico, o Brasil desce para a 5ª posição, com apenas 4 patentes (Figura 5).

Importante mencionar que a despeito do crescimento do número de publicações em periódicos científicos, que resultou na identificação de posição de destaque para o Brasil (2º colocado) e da justificativa deste feito pelo arcabouço legal voltado ao aumento do percentual obrigatório do biodiesel no diesel, não foi evidenciado crescimento no número de pedidos de patentes e manutenção de liderança pelo Brasil. Argumenta-se que tal discrepância, no caso do Brasil, pode estar relacionada às políticas de incentivo à publicação de artigos científicos em detrimento do incentivo ao depósito de patentes, o que pode resultar em prejuízos financeiros pela exposição pública de dados que deveriam permanecer protegidos.

Essa quebra na linha lógica, “quem mais produz trabalhos é quem mais produz tecnologia” pode evidenciar uma ruptura entre a geração de conhecimento e a sua apropriação econômica. A liderança acadêmica da Índia e do Brasil sugere que esses países possuem competência técnica e

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

infraestrutura de pesquisa para o desenvolvimento de novos adsorventes, porém, parecem falhar na etapa de “traduzir” para o mercado industrial. Por outro lado, a China demonstra uma estratégia de inovação mais integrada, o que pode sugerir uma cultura de proteção da propriedade intelectual mais eficiente no que diz respeito da para a aplicação industrial.

Visando um detalhamento maior no âmbito brasileiro, viabilizado pelo número menor de patentes, foram elencadas as patentes contendo as palavras "Adsorvente" e "Biodiesel" no campo resumo da base do INPI, resultando em 6 patentes. Supõe-se que este número é maior devido às datas de atualização das plataformas e que a fonte primária e confiável de pedidos de proteção no Brasil é o INPI. Ademais, as duas patentes identificadas a partir da busca na Plataforma *Orbit* estão contidas entre estas 6 verificadas na base do INPI. Entre estas 6 patentes, 2 estão relacionadas à purificação indireta, sendo excluídas desta discussão, tal como a patente BR 102014016370-0 (Santos *et al*., 2016), que propõe a utilização da torta e de vagens de Moringa *oleifera Lam* como meio filtrante, sendo reivindicada para o tratamento da água de lavagem e de efluentes oleosos da indústria de biodiesel, justificando sua exclusão dessa análise.

Mantendo o foco nas aplicações de adsorventes na purificação do biodiesel, o Quadro 2 contém os principais objetivos das 4 invenções com pedidos de patentes nacionais, aqui nomeados "mecanismos" protegidos em território nacional.

Quadro 2 - Análise da Prospecção Tecnológica na base de dados do INPI, utilizando as palavras-chave Biodiesel e Adsorvente no campo resumo

Documento	**Titular / Inventor(es) / Situação Legal**	**Material Adsorvente**	**Mecanismo**
BR 102015012086-9 A2	IFBA / Meira *et al*. (2017) / Indeferida	Rejeito da lavra de esmeraldas (puro ou blenda 70:30 com Bentonita)	Aproveitamento mineral rico em óxidos (50% SiO_2, 15% Al_2O_3, 10% MgO). Opera a 75 °C por 15–30 min (dose de 1% a 3%).
PI 0415072-4 B1	The Dallas Group of America, Inc. / (Cooke *et al*, 2005) / Concedida	Silicato de magnésio sintético ou Argila ativada ácida em colunas	Método de purificação de biodiesel através do contato direto do combustível com silicato de magnésio sintético precipitado amorfo hidratado, visando a remoção de sabão, glicerina livre/total, metais e água. Define as propriedades estruturais ideais de pH (8,2 a 8,9) e área superficial (300 a 700 m^2/g).

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

PI 0318651-2 A	CSIR (Council of Sci. & Ind. Research - Índia) / Gupta *et al*., 2006 / Arquivada	Alumina básica, Bauxita ou Argila	Polimento a seco do biodiesel operando a 20–60 °C por percolação em coluna ou agitação. Dispensa totalmente a etapa de neutralização.
PI 0905878-8 B1	The Dallas Group of America / Munson *et al*., 2009 / Concedida 2019 e Extinta 2023	Silicato de magnésio sintético precipitado amorfo hidratado	Purificação contínua em leito fixo com regeneração *in situ* do adsorvente utilizando metanol acidificado (0,005% a 3% de ácido).

Fonte: Elaboração própria (2026)

Para o cenário de pedidos de patentes com proteção no Brasil, observa-se a prevalência do Magnesol® (ou silicato de magnésio) (linhas 2 e 4 Quadro 2) diante dos demais adsorventes discutidos nesse texto. Acrescenta-se ainda que ambas foram concedidas e são de titularidade de uma empresa estrangeira, a *Dallas Group of America*, sediada nos Estados Unidos, mas que apenas uma encontra-se na situação legal de Concedida. Quanto às outras duas, uma é de titular indiano (linha 3 Quadro 2), a qual está na situação arquivada, e apenas uma é de residente ou titualar brasileiro, cuja titularidade é do Instituto Federal da Bahia (IFBA) (linha 1 Quadro 2). Neste último e único pedido de patente, Meira *et al*. (2017) propõem o processo de purificação de biodiesel a partir do aproveitamento de resíduos do beneficiamento de lavras de esmeraldas em misturas adsorventes no percentual de 10 a 100%, com metodologia similar àquela realizada com outros adsorventes, sugerindo ainda os seguintes adsorventes opcionais: argila, sulfato de magnésio e carvão ativo. Entretanto, além de existir apenas uma, esta foi indeferida a partir da análise no INPI.

Por fim, foram identificadas apenas duas patentes quando buscados os termos “Biodiesel” e “lavagem a seco” na plataforma nacional, sendo que uma delas não se refere à lavagem a seco e encontra-se indeferida, e a outra propõe uso de adsorvente na lavagem a seco, que se encontra arquivada por falta de pagamento, não tendo obtido deferimento no período. Ademais, ambas são de titularidade de universidades públicas brasileiras.

4 Considerações Finais

A análise qualitativa dos documentos indexados em periódicos científicos a partir da base *Scopus* ratifica que embora adsorventes sintéticos, como o silicato de magnésio, permaneçam como referência de eficiência técnica na remoção de contaminantes, pesquisas envolvendo a aplicação de

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

adsorventes alternativos e resíduos agroindustriais, como a fibra de coco e cinzas, apontam para outras possibilidades de adsorventes para uso na indústria de produção e purificação do Biodiesel.

No cenário da literatura científica, identificou-se um protagonismo do Brasil ocupando a 2ª posição mundial na produção de conhecimento científico sobre o tema (busca usando as palavras “Adsorvente*” e “Biodiesel” no título ou resumo), superando potências como a China, os Estados Unidos e o Japão. Considera-se que isto pode ser reflexo do incentivo à pesquisa nacional impulsionada por políticas públicas de pesquisa e também das resoluções do CNPE que vêm assegurando aumentos sucessivos na mistura obrigatória do Biodiesel no diesel comercial.

Por outro lado, a prospecção tecnológica de patentes utilizando a base *Orbit Intelligence* expôs um cenário invertido quando comparada à produção científica publicada em periódicos. Embora o Brasil tenha destaque acadêmico, o número de ativos protegidos é reduzido. Apesar de o quantitativo passar de 4 (busca macro no *Orbit*) para 6 patentes (busca detalhada na base do INPI), tal volume não posiciona o país acima de potências econômicas como a China, que emerge como líder isolada no contexto de patentes, seguida pelos Estados Unidos e pelo Japão. Observa-se ainda que, das patentes identificadas no INPI, apenas 4 estão diretamente relacionadas à purificação do biodiesel, e que apenas uma é fruto de desenvolvimento por titular brasileiro.

Como evidência adicional da relevância da temática, nota-se que continuam a emergir propostas de purificação a seco na literatura científica, alcançando mais de duas centenas de documentos nas bases globais (a exemplo dos 212 resultados na *Scopus* para os termos "Biodiesel" e "dry purification*"), que também ocorrem, embora em menor extensão, na proteção intelectual (apenas 4 famílias com prioridade brasileira no *Orbit* e 6 pedidos identificados no INPI). Diante da evolução quantitativa das pesquisas publicadas, principalmente nos periódicos científicos, observa-se um potencial promissor para o desenvolvimento de novos adsorventes voltados à purificação do biodiesel.

Ademais, os resultados também permitem identificar uma discrepância entre a produção de conhecimento científico e sua transformação em ativos tecnológicos protegidos no Brasil, e em nações de perfis semelhantes, como a Índia. O número de documentos patentários recuperados para o Brasil foi menor do que o de publicações científicas na estratégia adotada; contudo, a comparação é exploratória e não comprova, por si só, a existência de uma lacuna de comercialização ou geração de receita, nem sobre a causa de tais achados. Recomenda-se estudos futuros para aprofundar a investigação sobre gestão da pesquisa, políticas públicas de incentivo à proteção e à valorização da propriedade intelectual, bem como das políticas públicas de incentivo à publicação de resultados de pesquisas em periódicos científicos.

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

Referências

AVINASH, A.; MURUGESAN, A. Chemometric analysis of cow dung ash as an adsorbent for purifying biodiesel from waste cooking oil. **Scientific Reports**, v. 7, p. 9526, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Política Energética. **Resolução nº 9, de 25 de junho de 2025**. Fixa o percentual obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado em todo o território nacional. Brasília, DF: CNPE, 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2005.

BRASIL. **Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996.** Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 134, n. 93, p. 8353, 15 maio 1996.

COELHO, B.; PIRES, J; RAMOS, A.; NOGUEIRA, B.; SANTOS, C.; MARTINS, F.; SEFERIN, M.; ROCHA, P.; CARDOSO, V.; RODRIGUES, L. F.; LOUREGA, R. Purification and Performance of the Reuse of Magnesol® Used for Purification of Biodiesel. **Authorea**, 26 maio 2020.

COOKE, B.; ABRAMS, C.; BERTRAM, B. **Método de purificação de um combustível biodiesel com materiais adsorventes**. Titular: The Dallas Group of America, Inc. Brasil. Patente n. PI 0415072-4 A. Depósito: 01 out. 2004. Publicação: 28 nov. 2006.

COSTA, D.; SILVA, G. J. C.; ASSUNÇÃO, M. A. Scopus vs. Web of Science: uma avaliação comparativa das principais bases de dados para a pesquisa acadêmica. **Cadernos do FNDE**, [Brasília, DF], v. 4, n. 9, 2023.

FREGOLENTE, P. B. L.; WOLF MACIEL, M. R.; OLIVEIRA, L. S. Removal of water content from biodiesel and diesel fuel using hydrogel adsorbents. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 32, n. 4, p. 895-901, 2015.

Gil, A. C. (2008). **Métodos e técnicas de pesquisa social**. Editora Atlas S. A. (6o ed). São Paulo.

GUIDUCCI, R. C.; SEGER, L. **Cenários de ampliação da demanda de biodiesel e processamento de soja no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2019.

GUPTA, A.; BHATNAGAR, A. K.; KAUL, S. **Processo melhorado para preparar ésteres alquil de ácido graxo usado como biodiesel**. Titular: Council of Scientific and Industrial Research. Brasil. Patente n. PI 0318651-2 A. Depósito: 30 dez. 2003. Publicação: 28 nov. 2006.

ISMAIL, S. A. A.; ALI, R. F. M. Physico-chemical properties of biodiesel manufactured from waste frying oil using domestic adsorbents. **Science and Technology of Advanced Materials**, v. 16, n. 3, 034602, 2015.

JARIAH, N. F.; HASSAN, M. A.; TAUFIQ-YAP, Y. H.; ROSLAN, A. M . Technological advancement for efficiency enhancement of biodiesel and residual glycerol refining: a mini review. **Processes**, v. 9, n. 7, 1198, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/pr9071198.

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

KONOVALOV, S. V.; ZUBENKO, S. O.; PATRYLAK, L. K.; POVAZHNYI, V. A.; DAVITADZE, D. Z. Evaluation of available adsorbents for the dry washing of the wasted frying oil based crude ethyl esters. **Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii**, n. 6, p. 114-123, 2023.

KOSURU, S. M. Y.; DELHIWALA, Y.; KOORLA, P. B.; MEKALA, M . A review on the biodiesel production: Selection of catalyst, Pre-treatment, Post treatment methods. **Green Technologies and Sustainability**, v. 2, p. 100061, 2024.

MASOUMIFARD, N.; ARNAL, P. M.; KALIAGUINE, S.; KLEITZ, F . Zeolitic Core@Shell Adsorbents for the Selective Removal of Free Glycerol from Crude Biodiesel. **ChemSusChem**, v. 8, n. 13, p. 2093-2105, 2015.

MEIRA, M.; CORREIA, C. L. P.; MEIRA, W. N. **Processo ecológico de purificação de biodiesel à base de adsorvente composto por resíduo oriundo do beneficiamento do rejeito da lavra de esmeraldas**. Titular: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA. Brasil. Patente n. BR 102015012086-9 A2. Depósito: 14 mai. 2015. Publicação: 31 out. 2017.

MUNOZ, A. D. T.; DE LUCCA, G.; DAMASCENO, K. G.; DEL ROVERI, C.; CARVALHO, A. K. F.; DE PAULA, A. V.; ANDRADE, G. S. S . Agro-industrial wastes as solid adsorbents for glycerol removal: Potential use in biodiesel dry purification. **Industrial Crops & Products**, v. 222, p. 119697, 2024.

MUNSON, J. R.; COOKE, B. S.; BERTRAM, B. L. **Purificação de biodiesel por um processo contínuo com adsorvente regenerável**. Titular: The Dallas Group of America. Brasil. Patente n. PI 0905878-8 A2. Depósito: 06 fev. 2009. Publicação: 13 ago. 2009.

NAVAS, M. B.; LICK, I. D.; BOLLA, P. A.; CASELLA, M. L.; RUGGERA, J. F . Transesterification of soybean and castor oil with methanol and butanol using heterogeneous basic catalysts to obtain biodiesel. **Chemical Engineering Science**, v. 187, p. 444-454, 2018.

NITIÈMA-YEFANOVA, S.; RICHARD, R.; THIEBAUD-ROUX, S.; BOUYSSIERE, B.; BONZI-COULIBALY, Y. L.; NÉBIÉ, R. H. C.; MOZET, K.; CONIGLIO, L . Dry Purification by Natural Adsorbents of Ethyl Biodiesels Derived from Nonedible Oils. **Energy & Fuels**, v. 28, n. 11, p. 7000-7007, 2015.

PIMENTA, F. P. A patente como fonte de informação (des)necessária para a Biotecnologia em Saúde. **Transinformação**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 323-332, 2017.

PINHEIRO FILHO, I. S. **Análise das inovações e desafios na produção de biodiesel no Brasil**. 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2024.

QUESTEL. Orbit Intelligence. Paris: Questel, 2026. Disponível em: https://www.orbit.com. Acesso em: 12 abr. 2026.

RAMIREZ, A. M.; PETERSEN, A. M . Transformation of Global Science core–periphery structure towards a multi-polar horizon: The Rise of China and the Global South from 1980–2020. **Research Policy**, v. 55, e105370, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2025.105370.

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual

RODRIGUES, A. C. C. Policy, regulation, development and future of biodiesel industry in Brazil. ***Cleaner Engineering and Technology***, v. 4, p. 100197, 2021.

SANTOS JÚNIOR, José Edilson dos; SANTOS, Vivianni Marques Leite dos; COELHO, Isnaldo José de Souza. Roadmap tecnológico para desenvolvimento de sistema de monitoramento da cura do concreto. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 12, n. 4, p. 980-996, dez. 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.9771/cp.v1214.290.

SANTOS, F. D.; CONCEIÇÃO, L. R. V. da; CERON, A.; CASTRO, H. F. de. Chamotte clay as potential low cost adsorbent to be used in the palm kernel biodiesel purification. **Applied Clay Science**, v. 149, p. 41–50, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.09.009

SANTOS, G. F.; BERGAMASCO, R.; CAVALCANTI, E. B.; PEREIRA, D. F.; VASCONCELOS, V. M.; MORAIS, F. R.; LOPES, C. S.; SANTOS, T. M.; MOITINHO, A. C.; ARAUJO, N. A. **Meio filtrante a base de Moringa oleifera Lam**. Titulares: Universidade Federal de Sergipe; Universidade Estadual de Maringá; Instituto de Tecnologia e Pesquisa. Brasil. Patente n. BR 102014016370-0 A2. Depósito: 16 jun. 2014. Publicação: 15 mar. 2016.

TIBURCIO, R. S.; DE MACÊDO, T. R.; NETO, A. M. P. Brazilian Biofuels Policy (RenovaBio): Overview and generation of decarbonization credits by biodiesel production facilities. **Energy for Sustainable Development,** v. 77, p. 101334, 2023.

TORO, C.; HIDALGO, P.; NAVIA, R. Development of Polyesters from Glycerol for Na Removal in Biodiesel Refining. **Journal of Biobased Materials and Bioenergy**, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2011.

ZHOU, L.; TSE, T. J.; SHEN, J.; MEDA, V.; REANEY, M. J. T . Water-modification of micro- and nano-adsorbents: A strategy for enhancing biodiesel refining efficiency. **Energy Conversion and Management: X**, v. 23, p. 100592, 2024.

Submetido: 08 de julho de 2026. Aceito: 21 de outubro de 2026. Aracaju/SE
API-Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual