

ETANOL E BIODIESEL: SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Rayrine Andrade¹ (EG), Rogério Silva (PQ)¹

¹ Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Biocombustíveis. Energias alternativas. Etanol de 1ª e 2ª Geração. Biodiesel. Sustentabilidade.

Introdução

Biocombustível, como o biodiesel e o etanol de primeira e segunda geração, é um composto originado de biomassa renovável conforme definido pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Esses materiais têm a capacidade de substituir, parcial ou totalmente, os combustíveis fósseis em motores de combustão interna e em diversas tecnologias de geração de energia. Esta opção atende à Lei nº12.490/2011, que incentiva o uso de fontes de energia alternativas com o objetivo de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e atenuar os efeitos no meio ambiente.

A fabricação de biocombustíveis envolve processos complexos de transformação de matéria orgânica em combustíveis líquidos, como biodiesel e etanol. O etanol é produzido principalmente pela fermentação de açúcares presentes na cana-de-açúcar e no milho, com leveduras convertendo esses açúcares em etanol e dióxido de carbono. Já o biodiesel é obtido pela transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais, onde triglicerídeos são convertidos em ésteres metílicos ou etílicos e glicerina.

A transição para fontes de energia mais limpas contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, além de fortalecer a segurança energética e promover o crescimento econômico sustentável. O desafio principal é garantir que esses objetivos sejam alcançados de forma eficiente, o que exige investimentos em infraestrutura e melhorias na eficiência energética em todos os setores.

Para enfrentar esses desafios, o Brasil implementou políticas governamentais focadas em energias renováveis, sendo o RenovaBio, lançado em 2017, uma das mais relevantes. Essa iniciativa regula a segurança energética e promove a previsibilidade no fornecimento

de biocombustíveis, além de reduzir as emissões de gases poluentes. O RenovaBio abrange etanol de primeira e segunda geração, biodiesel e outros biocombustíveis, reafirmando o compromisso do Brasil com a sustentabilidade e a redução das emissões de carbono.

Os biocombustíveis são categorizados em quatro gerações de matéria-prima: a primeira (1G), a segunda (2G), a terceira (3G) e a última (4G). A produção de biocombustíveis de primeira geração é realizada através de culturas alimentares como cana-de-açúcar, milho, trigo, beterraba e soja. Os altos custos de processamento, especialmente na etapa de pré-tratamento, impedem o crescimento econômico dos biocombustíveis 2G (BRASILBIOFUELS, 2023).

Este trabalho aborda a produção, regulamentação e mercado de biocombustíveis específicos no Brasil, com ênfase no etanol, biometano e biodiesel, destacando sua importância como alternativas sustentáveis aos combustíveis fósseis. A pesquisa explora as biotecnologias utilizadas na fabricação desses combustíveis, os desafios enfrentados pelo setor e as inovações que têm melhorado a eficiência e a sustentabilidade financeira das operações.

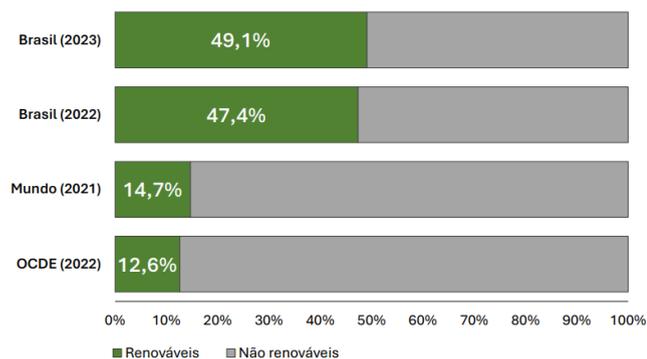
Metodologia

Este trabalho realizou uma análise da literatura sobre biocombustíveis, com foco principal em etanol e biodiesel. Foram utilizadas bases de dados como Scopus, Web of Science e Google Scholar para examinar documentos governamentais, boletins de empresas e artigos científicos, priorizando fontes atuais e relevantes para retratar o cenário atual do mercado e da tecnologia. A avaliação incluiu uma comparação da eficiência, do impacto ambiental e da viabilidade dos biocombustíveis.

Resultados e discussão

O aumento da participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira se deve ao aumento da disponibilidade interna de biomassa, energia eólica e solar. A Figura 1 ilustra esse crescimento, evidenciando a importância dessas fontes para a diversificação e sustentabilidade da matriz energética nacional.

Figura 1 – Participação das renováveis na OIE.



Fonte: Agência Internacional de Energia (AIE) e EPE para o Brasil.

Os biocombustíveis representam uma opção relevante para auxiliar na redução do carbono no setor de transporte. Isso ocorre porque eles têm uma combustão mais ecológica e emitem até 80% menos gases de efeito estufa (GEE) em relação às fontes fósseis, durante todo o seu ciclo de vida (ÚNICA, 2020). Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), a procura global por biocombustíveis líquidos deve crescer em todos os cenários previstos para 2022. No cenário mais otimista, conhecido como Net Zero Emissions (NZE), a agência prevê que essa necessidade pode atingir 906.229 m³/d até 2030.

A fabricação de etanol se divide em três fases principais: a obtenção de açúcares fermentáveis, a fermentação e a purificação através de destilação, retificação e desidratação. Os insumos utilizados podem ser classificados em sacarinas, como a cana-de-açúcar, amiláceas, como o milho, e lignocelulósicos, como o bagaço de cana.

A diferença fundamental no procedimento é que as sacarinas necessitam apenas de uma etapa de extração, ao passo que as amiláceas e lignocelulósicas necessitam de pré-tratamentos mais complexos, como a hidrólise enzimática (Liu et al., 2021). A Figura 2 ilustra os processos envolvidos na produção de biocombustíveis, destacando as diferentes etapas conforme o tipo de matéria-prima utilizada.

Figura 2 – Caminhos esquemáticos da produção de biocombustíveis para ciclo Otto

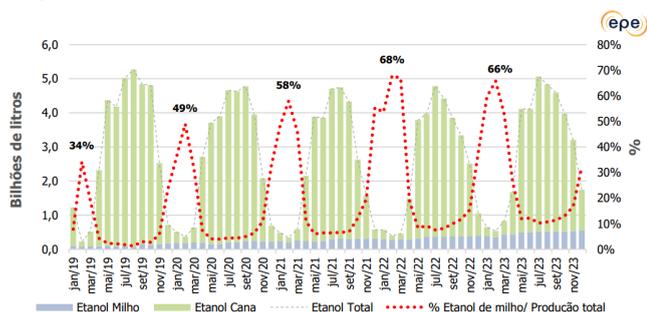


Fonte: UF-IFAS, 2023 (adaptado).

O etanol é utilizado em motores de combustão interna com ignição por faísca, conhecidos como motores de ciclo Otto, e representa uma alternativa à gasolina. Existem diferentes tipos de etanol, como o anidro, o hidratado e o de segunda geração. O etanol anidro passa por um processo de desidratação, reduzindo o teor de água para menos de 1%, sendo misturado à gasolina em proporções específicas para formar o combustível comum nos postos. Já o etanol hidratado, que contém entre 5% e 7% de água, é usado diretamente como combustível em veículos flex.

Em 2023, a produção de etanol no Brasil manteve-se elevada devido à complementaridade entre etanol de cana e de milho. Enquanto a produção de etanol de cana atinge picos entre julho e setembro, a de milho, mais estável ao longo do ano, tem ganhado importância, representando cerca de 66% da produção total nos meses de entressafra da cana. Desde 2019, a participação do etanol de milho aumentou significativamente, passando de 34% para 66% em 2023, garantindo maior estabilidade na oferta de etanol e reforçando sua relevância para o setor de biocombustíveis no país. A Figura 3 ilustra a variação da produção de etanol a partir dessas duas matérias-primas.

Figura 3 – Produção mensal de etanol de cana e de milho.



Fonte: EPE a partir de MAPA (2024) e UNICA (2024).

O etanol de milho é crucial para assegurar um fornecimento contínuo desse biocombustível, especialmente durante a entressafra da cana-de-açúcar. Em 2023, a produção de etanol de milho totalizou 1,1 bilhão de litros, o que representa uma queda de 16% em relação a 2022, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2024.

A produção de etanol de milho está em rápida expansão, especialmente na região Centro-Oeste, alcançando 4,1 bilhões de litros em 2022, o que equivale a 15% da produção nacional (UNICA, 2023). Esse crescimento é impulsionado pela expectativa de colheitas de segunda e terceira safras. Entre 2024 e 2033, está prevista a instalação de uma nova unidade de cana-de-açúcar, aumentando a capacidade de moagem em 3 milhões de toneladas e permitindo a produção adicional de 280 milhões de litros de etanol (ANP, 2023a).

A biomassa lignocelulósica é amplamente estudada como fonte de polissacarídeos para a produção de etanol. Está prevista a instalação de treze unidades no Brasil para a fabricação de etanol lignocelulósico de segunda geração (2G), com uma capacidade média anual de 82 mil m³ por unidade. Com base nos custos das usinas em operação e nos projetos anunciados em 2023, o investimento estimado é de R\$14,60 por litro, totalizando R\$15,6 bilhões até 2033 (RAÍZEN, 2022, 2023).

O biodiesel é um biocombustível produzido a partir de biomassa renovável, projetado para o funcionamento de motores de combustão interna (ciclo diesel) que utilizam ignição por compressão. Conforme as regulamentações atuais, pode ser utilizado na geração de outras formas de

energia, com a capacidade de substituir, em parte ou totalmente, os combustíveis provenientes de fontes fósseis. A Figura 4 ilustra os processos envolvidos na produção de biodiesel, destacando as etapas necessárias para a conversão da biomassa em combustível adequado para motores diesel.

Figura 4 - Caminhos esquemáticos da produção de biocombustíveis para ciclo diesel.



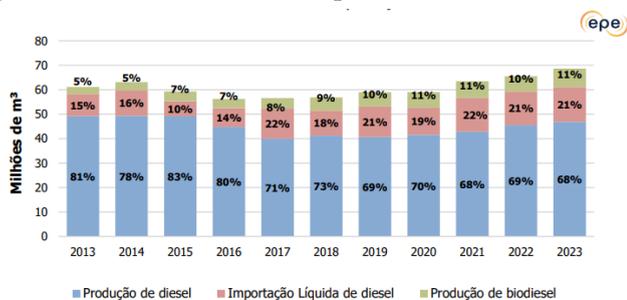
Fonte: UF-IFAS, 2023.

O biodiesel é uma fonte de energia renovável produzida através de um procedimento químico conhecido como transesterificação. Neste procedimento, os triglicerídeos encontrados em óleos vegetais e gorduras de animais reagem com um álcool primário, como metanol ou etanol, gerando dois principais produtos: ésteres (biodiesel) e glicerina (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, 2023). Depois de transesterificado, o biodiesel precisa ser purificado para cumprir os padrões de qualidade necessários para sua comercialização. Ele é principalmente usado em motores de ignição por compressão, também conhecidos como motores de ciclo Diesel.

Em 2023, o óleo de soja foi o principal insumo para a produção de biodiesel no Brasil, totalizando 5,2 bilhões de litros, o que representou 69,2% do total, seguido por outros materiais graxos com 16,3% (ANP, 2024f). A produção de biodiesel é dividida em duas categorias principais: Biodiesel A, composto exclusivamente por biodiesel puro, e Biodiesel B, que é uma mistura de biodiesel com diesel de origem fóssil em diferentes proporções, como B5, B20 e B30.

Em 2023, o Brasil produziu 7,5 bilhões de litros de biodiesel, com um crescimento de 19% em relação ao ano anterior. O biodiesel adicionado à mistura de diesel fóssil começou em 10% (B10), subindo para 12% em abril e mantendo essa proporção ao longo do ano. Desde o início do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) em 2005, mais de 67,5 bilhões de litros foram produzidos até dezembro de 2023. O Brasil se mantém entre os três principais produtores e consumidores de biodiesel mundialmente, com 61 usinas em operação, principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sul. A Figura 5 ilustra a relação entre a oferta de diesel A e a produção de biodiesel.

Figura 5 - Oferta de diesel A e produção de biodiesel.



Fonte: EPE, a partir de EPE (2024a).

Conclusões

O investimento em biocombustíveis, como etanol e biodiesel, é crucial para enfrentar as mudanças climáticas e reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados. Esses combustíveis renováveis contribuem para a diversificação da matriz energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa, favorecendo o cumprimento de metas ambientais e o planejamento estratégico dos setores envolvidos. O Brasil, com sua forte produção de etanol de cana-de-açúcar e milho, além do biometano e biodiesel, tem grande potencial para liderar a transição para uma matriz energética mais sustentável.

Agradecimentos

Agradeço à Universidade Federal de Itajubá e ao Programa Educacional Tutoria de Energia, Petróleo, Gás e Meio Ambiente.

Referências

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). (2024). "Relatório Anual de Biocombustíveis." Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>>.

BRASIL BIOFUELS. Brasil pode ser líder na produção de biocombustível de segunda geração, 2023. Grupo BBF. Disponível em: <https://brasilbiofuels-institucional-prd.s3.sa-east-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/2023/12/13105822/Release-pos-evento_Seminario-Agronegocio.pdf>.

EPE. Cenários de oferta de etanol e demanda ciclo Otto 2024 – 2033. Rio de Janeiro: EPE, 2023a. Disponível em: <www.epe.gov.br>.

EPE. Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis: ano 2023. Rio de Janeiro: EPE, 2024b. Disponível em: <www.epe.gov.br>.

UF| IFAS Blogs. Disponível em: <<https://ifas.ufl.edu/>>.

Li, C., Zhao, X., Wang, A., Huber, G. W., & Zhang, T. (2021). Catalytic transformation of lignin for the production of chemicals and fuels. *Chemical Reviews*, 121(1), 123-196.

Lei nº 12.490, de 16 de setembro de 2011. (2011). Altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 9.847, de 26 de outubro de 1999, que dispõem sobre a política e a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis, e dá outras providências. Diário Oficial da União, DF: Congresso Nacional.

Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. (2017). Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), e dá outras providências. Diário Oficial da União, DF: Congresso Nacional.

RAÍZEN. Relatório Integrado 2022 – 2023, 2023. Disponível em: <https://raizen-institucional-relatorios.s3.amazonaws.com/raizen/2023/pdf/RAIZEN_PT_FINAL.pdf>.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. Comunicação pessoal, 2021.