

PRODUÇÃO DE BIODIESEL POR MÉTODO ELETROQUÍMICO EMPREGANDO ELETRODOS DE AÇO INOX E ÓLEO INAPTO PARA O CONSUMO HUMANO

GABRIEL FELIPE ROHLING^{1,2*}, JOSIANE DE ALMEIDA FREIRE^{3,2}, TAINARA LAIS BURATTI^{4,2}, KATHARINE MARGARITHA SATIRO BRAZ^{5,2}, JULIANA ROZENDO BARBOSA^{6,2}, ANDRÉ LAZARIN GALLINA^{7,2}, FERNANDA^{8,2} OLIVEIRA LIMA, DALILA MOTER BENVENÚ^{9,2}, LETIÉRE CABREIRA SOARES^{10,2}

1 Introdução

A maior parte da energia consumida mundialmente ainda provém de combustíveis fósseis, sendo estas fontes finitas e grandes emissoras de gases do efeito estufa (GEE) e outros poluentes (Riyadi et al., 2023; Moradi, Saidi e Najafabadi, 2021). Considerando que esses combustíveis são os principais responsáveis pela intensificação do aquecimento global (Kiehadrouinezhad et al., 2023), torna-se essencial substituí-los por alternativas sustentáveis. Dessa forma, o desenvolvimento de novas tecnologias capazes de suprir a crescente demanda energética atual e futura, com base em recursos naturais, é fundamental para promover o desenvolvimento sustentável e solucionar os problemas relacionados ao uso desses combustíveis (Mukhtar et al., 2022).

Nesse contexto, destaca-se o biodiesel, um biocombustível que pode substituir o diesel convencional de petróleo e que apresenta diversas vantagens, como baixa toxicidade, alta biodegradabilidade e possibilidade de uso tanto puro quanto em misturas com o diesel fóssil (Panchal et al., 2025; Mathew et al., 2021).

A transesterificação é o método mais difundido e de menor custo para a produção de biodiesel. No entanto, ainda possui limitações, como reações indesejadas, por exemplo, a saponificação. Nesse sentido, novas tecnologias têm sido desenvolvidas para produção de biodiesel, entre elas, a síntese de biodiesel por um método eletroquímico (Pachal et al., 2025),

1Graduando em Química - Licenciatura, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Realeza*, contato: rohling22@gmail.com

2Grupo de Pesquisa em Energias Renováveis e Sustentabilidade

3Graduanda em Ciências Biológicas - Licenciatura, UFFS.

4Graduada em Ciências Biológicas - Licenciatura, UFFS.

5Graduada em Ciências Biológicas - Licenciatura, UFFS.

6Graduada em Medicina Veterinária - Bacharelado, UFFS.

7Doutor em Físico-Química, UNICENTRO.

8 Doutora em Química Analítica, UFFS.

9Doutora em Bioquímica, UFFS.

10Doutor em Química Orgânica, UFFS.

que possui vantagens, como a possibilidade da utilização de matérias primas que contenham um alto índice de acidez e umidade, além de reduzir o gasto energético e tempo de reação (Moradi; Saidi; Najafabadi, 2021).

Assim sendo, este trabalho teve como principal objetivo realizar o estudo da produção de biodiesel por eletrólise utilizando eletrodos de aço inox e óleo de girassol inapto para o consumo humano.

2 Objetivos

Utilizar eletrodos de aço inox para produção de biodiesel via método eletroquímico a partir de óleo de girassol inapto para o consumo humano e analisar a influência da diferença de potencial e da razão molar no rendimento e qualidade do biodiesel produzido.

3 Metodologia

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) - *Campus Realeza/Paraná/Brasil*. A matéria prima empregada para este estudo foi o óleo de girassol, obtido através de uma doação da Receita Federal.

Foi realizada uma caracterização físico-química do óleo de girassol e, posteriormente, do biodiesel produzido em termos do índice de acidez (I.A) e densidade. O I.A foi determinado a partir do padrão estabelecido pelo Instituto Adolfo Lutz, descrito no livro Métodos Físico-Químicos para análise de alimentos (2008). A densidade do óleo foi medida com um densímetro digital da marca Anton Paar, modelo DMA 35.

A síntese do biodiesel deu-se a partir do preparo de uma mistura reacional contendo metanol e óleo de girassol nas razões molares de 1:3, 1:6 e 1:9 (Óleo:metanol), hidróxido de potássio (1%, m/m) com base no peso do óleo e água destilada (2%, m/m) em relação ao peso total da mistura reacional, e posteriormente adicionada à célula eletroquímica. A célula eletroquímica foi composta por um béquer de berzelius com capacidade de 100 mL, eletrodos de aço inoxidável 304, com espessura de 1 mm, área superficial de 4 cm² e uma distância de 1 cm, e uma fonte de energia responsável por controlar a diferença de potencial aplicada que variou entre 10, 20 e 30 V. A reação foi conduzida em temperatura ambiente por um período de 1 hora sob agitação magnética. Ao final, a mistura reacional foi transferida para um funil de separação para a decantação da glicerina. Para a remoção de resquícios de solvente, o biodiesel foi seco em estufa por 2 h na temperatura de 105 °C. Por fim, o biodiesel foi resfriado e as

análises físico-químicas foram realizadas (Adaptado de Abdollahi Asl, Tahvildari e Bigdeli, 2020).

4 Resultados e Discussão

A partir da caracterização físico-química do óleo de girassol, obteve-se um I.A de $0,26 \pm 0,01$ mg de KOH/g e densidade de $916,8 \text{ kg/m}^3$. De acordo com a literatura, um óleo deve apresentar um I.A igual ou inferior a 3 mg de KOH/g para que seja considerado como ideal para produção de biodiesel (Silva e Neto, 2013). Assim sendo, o óleo de girassol apresentou uma acidez média e também uma densidade dentro do esperado.

Em relação ao biodiesel produzido pelo processo eletroquímico, os resultados da caracterização físico-química são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização físico-química do biodiesel.

Razão molar (O:M)	Voltagem (V)	Índice de acidez (mg de KOH/g)	Densidade (kg/m^3)	Rendimento (%)
1:3	10	$0,18 \pm 0,01$	892,2	90,0
1:3	20	$0,21 \pm 0,02$	895,6	93,3
1:3	30	$0,25 \pm 0,01$	895,9	96,7
1:6	10	$0,33 \pm 0,00$	889,6	93,3
1:6	20	$0,38 \pm 0,00$	889,7	94,7
1:6	30	$0,36 \pm 0,01$	889,6	94,7
1:9	10	$0,31 \pm 0,01$	889,7	94,7
1:9	20	$0,41 \pm 0,01$	889,2	97,3
1:9	30	$0,42 \pm 0,02$	889,1	98,7

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

De acordo com a tabela 1, observa-se que o I.A do biodiesel produzido quando utilizado uma diferença de potencial de 10, 20 e 30V ficou entre 0,18 à 0,31, 0,21 à 0,41 e entre 0,25 à 0,42 mg de KOH/g, respectivamente. Os níveis de acidez encontrados estão de acordo com as normas de qualidade exigidas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o qual deve ser inferior a 0,50 mg de KOH/g. Além disso, a densidade apresentada também ficou dentro das normas da ANP ($850\text{-}900 \text{ kg/m}^3$), variando entre $889,7$ à $895,9 \text{ kg/m}^3$. O rendimento do biodiesel produzido foi superior aos 90% em todos casos, com

um valor máximo alcançado de 98,7%, sendo esses resultados semelhantes ao de Guan e Kusakabe (2009), que também realizaram a síntese de biodiesel por eletrólise e obtiveram um rendimento superior aos 90%. Em outro estudo, realizado por Irawan e colaboradores (2019), é reportado a síntese de biodiesel por eletrólise e um rendimento alcançado 98,15%, assemelhando-se aos resultados obtidos neste estudo.

Um teste estatístico foi realizado para analisar a influências das variáveis no I.A do biodiesel produzido. Nesse sentido, as variáveis razão molar e voltagem apresentaram um resultado significativo no I.A, quando considerado um nível de significância >95%. De modo geral, o aumento da razão molar e do potencial aplicado acarretaram em um aumento significativo do índice de acidez do biodiesel. Acredita-se que este resultado pode estar relacionado a adição de água no meio reacional, que aumenta conforme a quantidade de metanol no meio aumenta. A presença da água pode promover reações indesejadas, como a hidrólise dos ésteres, resultando na formação de ácidos graxos livres, os quais elevam o índice de acidez do biodiesel (Chanakaewsomboon et al., 2021).

Assim sendo, diante dos resultados e discussões apresentados pode-se destacar a funcionalidade do método de síntese do biodiesel por eletrólise, visto que o método possibilitou a produção de um biodiesel de acordo com as normas de ANP para a acidez e densidade do biocombustível, e alcançando um alto rendimento de reação para as condições reacionais testadas. Vale ressaltar que no presente estudo, optou-se pela utilização eletrodo de aço inoxidável 304, cuja escolha representa uma alternativa economicamente vantajosa em comparação aos materiais convencionalmente empregados, os quais normalmente apresentam custo elevado, e acabam dificultando a viabilidade econômica da produção. Nesse sentido, o aço inox surge como uma solução promissora, aliando a acessibilidade ao desempenho satisfatório como demonstrado neste estudo.

5 Conclusão

A partir do presente trabalho, foi possível investigar a influências das variáveis no I.A do biodiesel produzido através da eletrólise. Nesse contexto, a razão molar e a voltagem apresentaram uma influência significativa no aumento do I.A do biodiesel produzido. Por fim, o biodiesel produzido atendeu as normas de qualidades exigidas pela ANP, quanto ao I.A e densidade, o que evidencia a funcionalidade do método.

Referências Bibliográficas

ABDOLLAHI ASL, M.; TAHVILDARI, K.; BIGDELI, T. Eco-friendly synthesis of biodiesel from

WCO by using electrolysis technique with graphite electrodes. **Fuel**, v. 270, p. 117582, jun. 2020

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP nº 45/2014**.

CHANAKAEWSOMBOON, Issara; MOOLLAKORN, Apichan. Soap formation in biodiesel production: effect of water content on saponification reaction. **International Journal of Chemical and Environmental Sciences**, v. 2, n. 2, p. 28-36, 2021.

GUAN, G.; KUSAKABE, K. Synthesis of biodiesel fuel using an electrolysis method. **Chemical Engineering Journal**, v. 153, n. 1-3, p. 159–163, nov. 2009.

IRAWAN, Dedy et al. Synthesis Of Biodiesel From Palm Oil Through Electrolysis Process By Means Of Silver (Ag) Electrode. **International Journal of Scientific e Technology Research**, set. 2019.

MATHEW, G. M. et al. Recent advances in biodiesel production: Challenges and solutions. **Science of The Total Environment**, v. 794, p. 148751, nov. 2021.

MORADI, P.; SAIDI, M.; NAJAFABADI, A. T. Biodiesel production via esterification of oleic acid as a representative of free fatty acid using electrolysis technique as a novel approach: Non-catalytic and catalytic conversion. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 147, p. 684–692, mar. 2021.

MUKHTAR, Ahmad et al. Current status and challenges in the heterogeneous catalysis for biodiesel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 157, p. 112012, 2022.

PANCHAL, B. et al. Ecofriendly and cost-effective biodiesel production from water containing feedstocks through electrolysis- a review. **Fuel Processing Technology**, v. 276, p. 108277, 27 jun. 2025.

RIYADI, Tri WB et al. Biodiesel for HCCI engine: prospects and challenges of sustainability biodiesel for energy transition. **Results in Engineering**, p. 100916, 2023.

SILVA, Tatiana Aparecida R. da; NETO, Waldomiro B. Estudo da redução da acidez do óleo residual para a produção de biodiesel utilizando planejamento fatorial fracionado. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 5, p. 828-839, 2013.

KIEHBADROUDINEZHAD, M. et al. The role of biofuels for sustainable MicrogridsF: A path towards carbon neutrality and the green economy. **Heliyon**, v. 9, n. 2, p. e13407, fev. 2023.

Palavras-chave: Biocombustíveis, Energias renováveis, Eletrólise, Transesterificação.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES 2024-0142

Financiamento

