

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ISADORA DALSENTE ANDRIGUES

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL POR TRANSESTERIFICAÇÃO
COM CATALISADORES HOMOGÊNEOS E HETEROGÊNEOS**

FRANCISCO BELTRÃO

2025

ISADORA DALSENTE ANDRIGUES

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL POR TRANSESTERIFICAÇÃO
COM CATALISADORES HOMOGÊNEOS E HETEROGÊNEOS**

**Evaluation of biodiesel production by transesterification using homogeneous
and heterogeneous catalysts**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Química da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientadora: Dra. Ana Paula de Oliveira Schmitz

Coorientador: Dr. Jonas Santana Albuquerque

FRANCISCO BELTRÃO

2025

ISADORA DALSENTE ANDRIGUES

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL POR TRANSESTERIFICAÇÃO
COM CATALISADORES HOMOGÊNEOS E HETEROGÊNEOS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Química da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 05 de dezembro de 2025

Ana Paula de Oliveira Schmitz
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Jonas Santana Albuquerque
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Federal Fluminense

Vilmar Steffen
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

FRANCISCO BELTRÃO

2025

RESUMO

ANDRIGUES, Isadora Dalsente. **Avaliação da produção de biodiesel por transesterificação com catalisadores homogêneos e heterogêneos.** 2025. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 05 dez. 2025.

O aumento da demanda por combustíveis renováveis e de menor impacto ambiental tem impulsionado pesquisas voltadas à otimização de rotas sustentáveis para a produção de biodiesel, destacando-se a transesterificação de óleos vegetais como alternativa aos combustíveis fósseis. Nesse cenário, o presente trabalho teve como objetivo otimizar a produção de biodiesel a partir do óleo de soja utilizando hidróxido de sódio (NaOH) como catalisador homogêneo, bem como avaliar o desempenho catalítico de óxidos metálicos alternativos obtidos da recuperação de metais presentes em pilhas e baterias exauridas. Assim, buscou-se integrar o desempenho reacional, viabilidade experimental e princípios de química verde. Inicialmente, realizou-se um planejamento experimental fatorial 2^3 para avaliar a influência da temperatura, do tempo de reação e da concentração de NaOH sobre o rendimento mássico e o índice de acidez. A análise estatística revelou que a concentração de catalisador foi o fator mais significativo, afetando diretamente a conversão dos triglicerídeos e a formação de sabões. As condições ótimas identificadas (50 °C, 0,5 h e 0,5% m/m de NaOH) resultaram em rendimento de 94,9% e índice de acidez de 0,28 mg KOH/g. As análises termoanalíticas e espectroscópicas confirmaram a conversão química, evidenciada pela diferença no perfil térmico entre o óleo de soja e o biodiesel e pela presença de bandas características de ésteres metálicos nos espectros FTIR. Na etapa subsequente, foram recuperados óxido de cobalto, cobre e zinco, além de $ZnMn_2O_4$, por processos hidrometalúrgicos, sendo aplicados como catalisadores heterogêneos. Os ensaios de transesterificação revelaram maior rendimento para o CuO (74,5%), seguido pelos catalisadores de CoO (64,3%) e $ZnMn_2O_4$ (64,5%), enquanto o ZnO (55,6%) obtido de pilhas alcalinas apresentou o menor desempenho, possivelmente devido à menor área superficial e acessibilidade aos sítios ativos. As análises físico-químicas indicaram conversão parcial para todos os óxidos, confirmando a formação de ésteres. Embora a eficiência dos catalisadores metálicos seja inferior à do NaOH, os resultados demonstram o potencial desses materiais como alternativas sustentáveis, especialmente pela possibilidade de reutilização, menor impacto ambiental e aproveitamento de resíduos eletrônicos. Por fim, a utilização de catalisadores derivados de pilhas e baterias constitui uma rota promissora para a produção de biodiesel, recomendando-se a otimização de parâmetros operacionais, visando a melhoria da atividade catalítica.

Palavras-chave: biodiesel; catálise homogênea; catalisadores heterogêneos; otimização; recuperação de metais.

() Não autorizo a disponibilização de endereço de correio eletrônico para contato.

(X) Autorizo a disponibilização do seguinte correio eletrônico para contato:

isadalsente@gmail.com

ABSTRACT

ANDRIGUES, Isadora Dalsente. **Evaluation of biodiesel production by transesterification using homogeneous and heterogeneous catalysts.** 2025. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 05 dez. 2025. Título original: Avaliação da produção de biodiesel por transesterificação com catalisadores homogêneos e heterogêneos.

The increasing demand for renewable fuels with lower environmental impact has driven research focused on optimizing sustainable routes for biodiesel production, with the transesterification of vegetable oils standing out as an alternative to fossil fuels. In this context, the present study aimed to optimize biodiesel production from soybean oil using sodium hydroxide (NaOH) as a homogeneous catalyst, as well as to evaluate the catalytic performance of alternative metal oxides obtained from the recovery of metals present in spent batteries. The work sought to integrate reaction performance, experimental feasibility, and green chemistry principles. In the first stage, a 2³ factorial experimental design was applied to evaluate the influence of temperature, reaction time, and NaOH concentration on mass yield and acidity index. Statistical analysis revealed that catalyst concentration was the most significant factor, directly affecting triglyceride conversion and soap formation. The optimal conditions identified (50 °C, 0.5 h, and 0.5 wt% NaOH) resulted in a yield of 94.9% and an acidity index of 0.28 mg KOH/g. Thermoanalytical and spectroscopic analyses confirmed the chemical conversion, evidenced by the difference in thermal profiles between soybean oil and biodiesel and by the presence of characteristic methyl ester bands in the FTIR spectra. In the subsequent stage, cobalt, copper, and zinc oxides, as well as ZnMn₂O₄, were recovered through hydrometallurgical processes and applied as heterogeneous catalysts. The transesterification assays showed the highest yield for CuO (74.5%), followed by CoO (64.3%) and ZnMn₂O₄ (64.5%), while ZnO (55.6%) obtained from alkaline batteries presented the lowest performance, possibly due to lower surface area and reduced accessibility of active sites. Physicochemical analyses indicated partial conversion for all oxides, confirming ester formation. Although the efficiency of the metal oxide catalysts was lower than that of NaOH, the results demonstrate the potential of these materials as sustainable alternatives, particularly due to their reusability, reduced environmental impact, and valorization of electronic waste. It is concluded that the use of catalysts derived from batteries is a promising route for sustainable biodiesel production, and further optimization of operational parameters, is recommended to enhance catalytic activity.

Keywords: biodiesel; homogeneous catalysis; heterogeneous catalysts; optimization; metal recovery.