ESTUDO ECOTOXICOLÓGICO DE BIODIESEIS DE ORIGEM ANIMAL: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SEBO BOVINO E SUÍNO

ECOTOXICOLOGICAL STUDY OF ANIMAL-BASED BIODIESELS: A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN BOVINE AND SWINE TALLOW

Miguel Arcanjo Mujica Romas de Souza, Vitor da Silva Rosa, Paloma Kachel Gusso-Choueri

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Química
E-mail para contato: migu.mu.jo@gmail.com

RESUMO - O trabalho avalia a toxicidade em água doce do biodiesel produzido a partir de gorduras bovina e suína, utilizando Daphnia similis como organismo modelo. O biodiesel foi obtido por transesterificação e testado em diferentes diluições, conforme a NBR 12713. Os resultados demonstraram que a origem da matéria-prima influencia na toxicidade, sendo o biodiesel bovino a alternativa mais sustentável para energia limpa.
Palavras-chave: Biodiesel, Sebo, *Daphnia similis*, ecotoxicologia, engenharia química, transesterificação.

ABSTRACT - The study evaluates the freshwater toxicity of biodiesel produced from bovine and swine fats, using Daphnia similis as a model organism. The biodiesel was obtained through transesterification and tested at different dilutions according to NBR 12713. The results demonstrated that the feedstock origin influences toxicity, with bovine biodiesel standing out as the most sustainable alternative for clean energy.
Keywords: Biodiesel, Tallow, Daphnia similis, Ecotoxicology, Chemical Engineering, Transesterification.

1. INTRODUÇÃO

O petróleo constitui uma das principais fontes de energia global e matéria-prima para diversos campos da indústria, trazendo inúmeros benefícios e desenvolvimento para muitos países gerando uma grande movimentação no mercado mundial (SOUZA, 2010 apud CARVALHO; RIBEIRO, 2012). Todavia, os derivados do petróleo desde o momento de

extração, onde tem o risco de vazamento até o consumo de seus produtos, tem um alto índice de poluição para o meio ambiente podendo acarretar mudanças climáticas e a produção de gases tóxicos pela sua queima (Rocha et al., 2013). Por conta de toda preocupação ambiental e a variação do preço do petróleo, as fontes de energias renováveis têm ganhado ênfase, e neste contexto, o biocombustível se destaca em pelos benefícios econômicos, sociais e ambientais (Krause, *[S.d.]*).

O biodiesel é constituído por uma combinação de mono-ésteres de ácidos graxos obtidos a partir da reação de transesterificação de óleos vegetais ou gordura animal utilizando metanol ou etanol para o processo (MAGALHÃES et al., 2019 apud OLIVEIRA; SOUSA; CAVALCANTI, 2021). Podendo ser produzido utilizando diversos tipos de matéria-prima como óleos vegetais, residuais, como frituras, e gordura animais e apresentando possíveis formas de minimizar os gastos com a produção, em consequência disso é considerado uma energia limpa e renovável, sendo uma alternativa sustentável e econômica comparado a combustíveis derivados do petróleo (GEBREMARIAM; MARCHETTI, 2018; UDOP - União Nacional de Bioenergia, [s.d.]).

O uso do biocombustível afeta positivamente a economia do Brasil, que é um dos maiores produtores mundiais, tendo como vantagens a diversificação de energia e diminuição da necessidade de importação de combustíveis fósseis. Atualmente, a resolução aprovada pelo CNPE (Conselho Nacional de Política Energética) propõe aumentar a porcentagem de biodiesel no mercado interno, reduzindo assim a necessidade de importação de óleo diesel, estima-se que se deixe de importar um (1) bilhão de litros do óleo em 2023 quatro bilhões em 2026 (UDOP – União Nacional de Bioenergia, [s.d.]). O biocombustível promove a geração de empregos e renda em diversas áreas e incita culturas agrícolas (UDOP – União Nacional de Bioenergia, [s.d.]).

A produção de biodiesel a partir de óleo e gordura animal é possível por conta de apresentarem estruturas químicas, sendo elas moléculas triglicerídeas de ácidos graxos. Graças aos abatedouros, a matéria-prima para produção de biocombustíveis a partir de origem animal é vastamente encontrada no território brasileiro, podendo ser sebo bovino, de frango, de porco, entre outros (Miguel; Milad, 2022). No Brasil a indústria de aves, suínos e bovinos têm um papel fundamental na alimentação brasileira. No primeiro trimestre de 2023 até o último trimestre do ano e historicamente, houve uma crescente quantidade de bovinos abatidos gerando

assim uma quantidade significativa de sebo bovino (IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA, [s.d.]).

Com as consequências associadas a poluição dos hidrocarbonetos em ambientes aquáticos, a preocupação sobre derramamento de petróleo atrai atenção de pesquisadores para estudos dos efeitos tóxicos em organismos (GUO et al., 2022; DAISY et al., 2022; JIANG et al., 2010 apud CHELOMIN et al., 2022). Ainda segundo Chelomin et al. (2022), qualquer derramamento tem impacto na reprodução dos invertebrados marinhos, onde além da mortalidade pelos efeitos do petróleo ainda tem os efeitos de deformações no desenvolvimento em fases iniciais dos organismos (JIANG et al., 2010; HOLTH et al., 2014; PEREIRA et al., 2018 apud CHELOMIN et al., 2022).

Com o aumento crescente de consumo e popularização do biodiesel, é urgente conhecer e compreender quais matérias primas são menos tóxicas para organismos aquáticos quando submetidos a um cenário de derramamento deste combustível. Para avaliar o impacto da toxicidade do biodiesel, um organismo muito utilizado na ecotoxicologia é o microcrustáceo *Daphnia similis*, devido a sua sensibilidade e fácil cultivo em laboratório. Um dos efeitos observados nestes testes de toxicidade aguda é a redução da mobilidade do organismo quando exposto a um agente químico despejados na água (GOSSET; FERRO; DURRIEU, 2016; ARAÚJO et al., 2019; NBR 12713 ABNT, 2016 apud PEREIRA; RODRIGUES; GUARIEIRO, 2021).

O presente estudo tem como objetivo comparar a toxicidade do biodiesel confeccionado com dois diferentes tipos de gorduras animais (suíno e bovino), para tanto será utilizado o organismo modelo *Daphnia similis*, a fim de determinar qual matéria-prima apresenta menor impacto ambiental e, assim, contribuir para o desenvolvimento de biocombustíveis mais sustentáveis e menos agressivos ao ecossistema aquático. Parte-se da hipótese que a composição e origem da gordura utilizada pode interferir na toxicidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O processo utilizado para obtenção de biodiesel é o de transesterificação que ocorre uma reação de triglicerídeos com um álcool junto de um catalizador (DABDOUB, 2009 apud SILVA et al., 2020). A transesterificação consiste em reações reversíveis realizados com um álcool para obter um melhor rendimento do biodiesel e podendo aparecer a formação de duas fases, sendo

uma delas glicerol. A reação é realizada em um reator com agitação tomando cuidado com o nível da agitação para não ocorrer formação de sabão e controlando a temperatura, depois da permutação da matéria graxa para ésteres o final será obtido em duas fases, com a fase mais pesada sendo a glicerina (subproduto da reação) e a fase mais leve o biodiesel (VALLE, 2009; FERREIRA, 2014; SALVADOR et al., 2009 apud SILVA, 2017).

A produção de biodiesel a partir de sebo bovino e suíno exige que a matéria prima esteja no estado líquido, sendo necessário aquecer o sebo com o devido cuidado (Levy, 2011; Barros & Jardine, 2016b apud CARVALHO; RIBEIRO, 2012).

A produção do biodiesel foi realizada por transesterificação metílica em meio básico, utilizando metanol e hidróxido de potássio como catalisador. Para determinar a quantidade de catalizador necessária para a reação, utiliza-se 1,5% da massa do sebo para calcular a massa de KOH (hidróxido de potássio). Essa proporção é baseada no estudo de Cunha e aliados (2009), que a reporta como eficaz na produção de biodiesel.

O processo de purificação consiste em realizar três lavagens, a primeira com uma solução acida 0,5% v/v de acido clorídrico, a segunda é realizada por meio de uma solução saturada de cloreto de sódio, e por fim a terceira é feita somente com água destilada. Após as lavagens é utilizado sulfato de sódio anidro para remover traços de água presentes no biodiesel. Por fim, é feito uma filtração a vácuo a fim de conter o sulfato de sódio e obter o biodiesel purificado (GERIS et al., 2007).

A produção do biodiesel a partir de sebo bovino e suíno foi realizada por meio da reação de transesterificação. Para cada ensaio, foram utilizados 100 mL de óleo, 1,5% de hidróxido de potássio (KOH) dissolvido em 40 mL de metanol. A mistura foi conduzida em balão sob agitação magnética, com temperatura controlada a 50 ºC, durante duas horas.

O aparato reacional utilizado no devido processo foi montado da seguinte forma:

- Um balão de três bocas foi acoplado a uma manta aquecedora com agitação magnética;
- Um "peixinho magnético" foi inserido no balão para promover a agitação dos reagentes;
- Na primeira boca, foi inserido um termômetro, com o objetivo de monitorar e manter a temperatura da reação em torno de 65 °C. Essa temperatura é ideal para a conversão eficiente do sebo em biodiesel, ao mesmo tempo que evita a evaporação excessiva do metanol;
- Na segunda boca, foi conectado um condensador de refluxo, funcionando como medida de segurança para recondensar vapores de metanol que eventualmente se formarem;

- Na terceira boca, foi acoplado um funil de separação, por onde foi adicionada a solução de KOH previamente dissolvido no metanol.

Concluída a reação, o conteúdo foi transferido para um funil de separação e mantido em repouso por 24 horas, período necessário para a separação das fases. A camada superior correspondeu ao biodiesel, enquanto a inferior foi composta por glicerol, excesso de catalisador e metanol residual.

Ambos os produtos obtidos anteriormente serão decantados de um dia para o outro e a fração de biodiesel (FSA) será retirada para prosseguimento do projeto com a purificação, os testes toxicológicos e análise estatística de EC50.

O processo de purificação foi realizado de acordo com as seguintes etapas:

1. Fez-se uma solução ácida com 199 mL de água destilada e 1 mL de ácido clorídrico. A partir desses, retirou-se somente 50 mL que são adicionados ao biodiesel obtido, sendo realizada agitação branda para evitar emulsificação. Após a agitação foi realizada a decantação em funil de separação, sendo assim descartada a parte inferior (mais densa) e coletada a fase superior, biodiesel, para a próxima etapa.
2. Elabora-se uma solução ácida com 199 mL de água destilada e 20 g de cloreto de sódio. A partir desses, retirou-se somente 50 mL que são adicionados ao biodiesel obtido, sendo realizada agitação branda para evitar emulsificação. Após a agitação foi realizada a decantação em funil de separação, sendo assim descartada a parte inferior (mais densa) e coletada a fase superior, biodiesel, para a próxima etapa.
3. Usa-se 50 mL de água destilada para realizar a última lavagem, o qual foi adicionado ao biodiesel obtido, sendo realizada agitação branda para evitar emulsificação. Após a agitação foi realizada a decantação em funil de separação, sendo assim descartada a parte inferior (mais densa) e coletada a fase superior, biodiesel, para a próxima etapa.
4. Por fim foi feita a última etapa do processo de purificação, sendo essa a adição de 8 g de sulfato de sódio anidro ao biodiesel lavado. Em seguida à agitação foi realizada filtração a vácuo, permitindo a obtenção do biodiesel purificado.

Os procedimentos para preparação do teste e as manipulações seguem com base na norma NBR 12713 (ABNT, 2022), com os ensaios de sensibilidade realizados nas mesmas

condições do ensaio definitivo, utilizando-se o biodiesel produzido para as diluições. Foram utilizados organismos mantidos em condições controladas no laboratório de Ecotoxicologia da Universidade Santa Cecília, onde a água nos cultivos apresenta pH entre 7,00 e 7,60, dureza mantida entre 40 e 48 mg/L de $CaCO_3$, temperatura regulada em 20 ± 2ºC e um fotoperíodo de 12 horas, simulando o ciclo natural de luz e escuridão, garantindo um ambiente estável e ideal para o desenvolvimento das *Daphinia3 similis*.

A preparação da amostra para o teste tem como base a norma NBR 15469 (ABNT, 2021), sendo preparada uma fração solúvel em água obtida por uma parte de amostra para nove partes de água de diluição, essa mistura é mantida em um béquer parcialmente vedado para garantir as trocas gasosas e a vidraria é posicionada em uma mesa agitadora sendo agitada por 20 horas, após o tempo de mistura é mantida em repouso em um funil de decantação por uma hora em seguida drenando a fase aquosa para então esta fase ser utilizada como água contaminada para o teste.

Dois ensaios foram preparados, um para cada formulação de biodiesel de origem animal, contendo volume de 10 ml de líquido em todos os tubos de ensaio, as concentrações para diluição, mas em diferentes diluições do biodiesel em água, para tanto, foi utilizado fator 2 de diluição. Serão dispostos cinco organismos em cada tubo, cada tratamento consistirá em 5 réplicas. Ao final de 48 horas foi verificada a porcentagem de organismos imóveis e os parâmetros físico-químicos de modo que não influenciem para imobilização dos organismos-teste.

Com estes resultados foi realizado um cálculo estatístico que compara as amostras contaminadas com o controle e determinar o EC50 de cada biodiesel, que é a concentração da substância que mata ou incapacita 50% dos organismos presentes naquele ambiente, uma projeção para um cenário real (ABNT NBR 12713, 2022). O método utilizado é de Spearman-Karber “Trimmed Spearman-Karber method for estimating medial lethal concentration in toxicity bioasays”. Estes valores numéricos de toxicidade aguda, expressos em EC50, exprimem uma relação inversa, isto é, quanto menor este valor, maior é a toxicidade da amostra testada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os ensaios toxicológicos em ambos os biocombustíveis foram obtidos os resultados percentuais de mortalidade de organismos em cada concentração. Com isto, foram preenchidas as tabelas 1 para o bovino e 2 para o suíno, além de traçados os gráficos 1 para

bovino e 2 para suíno. Tais dados tornam possíveis o cálculo de EC50, toxicidade do produto e análise comparativa entre as substâncias avaliadas.

Tabela 1: Resultados do ensaio com biodiesel bovino, número de organismos mortos ou imóveis por concentração, “R” significa “Réplica”

CONCENTRAÇÕES (%)	R1	R2	R3	R4
Controle	0	0	0	0
29,586	4	1	2	2
22,758	3	3	3	1
17,506	2	1	4	1
13,466	0	1	1	2
10,359	0	2	0	0
7,968	0	0	1	1

Figura 1: Percentual de mortalidade de organismos por concentração de biodiesel bovino.

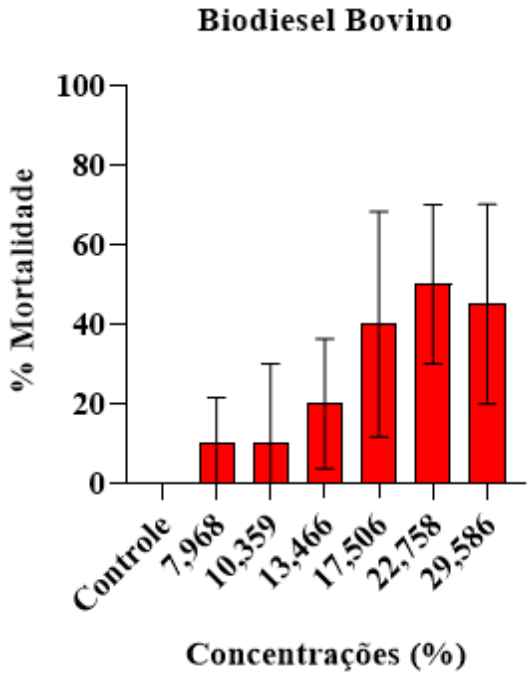
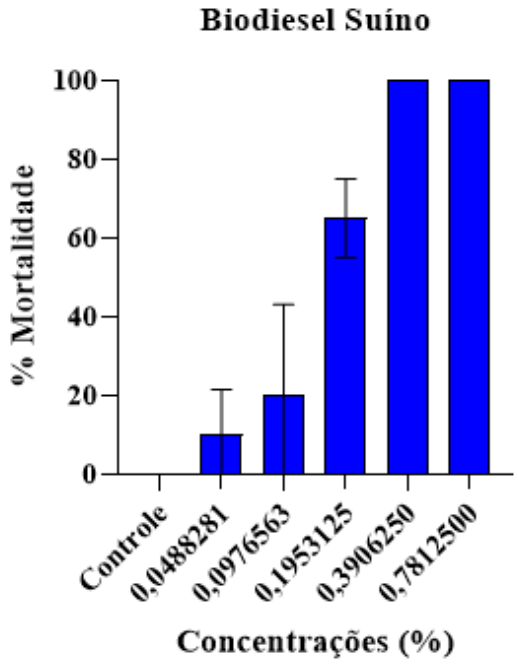


Tabela 2: Resultados do ensaio com biodiesel suíno, número de organismos mortos ou imóveis por concentração, "R" significa "Réplica"

CONCENTRAÇÕES (%)	R1	R2	R3	R4
Controle	0	0	0	0
0,781	5	5	5	5
0,391	5	5	5	5
0,195	4	3	3	3
C0,098	2	2	0	0
C0,0488	1	0	1	0

Figura 2: Gráfico de percentual de mortalidade de organismos por concentração de biodiesel suíno.



O biodiesel bovino apresentou um EC50 de 15,29%, ao passo que o biodiesel derivado de gordura suína apresentou um EC50 significativamente inferior, de apenas 0,12%. Este resultado evidencia um nível de toxicidade consideravelmente mais elevado para o biodiesel suíno em comparação ao bovino. Destaca-se que valores reduzidos de EC50 estão diretamente relacionados a uma maior toxicidade, uma vez que menores concentrações da substância são suficientes para provocar efeitos adversos em 50% da população exposta.

Dessa forma, podemos concluir que o biodiesel mais tóxico é o suíno, evidenciando que a escolha da matéria-prima influencia diretamente na toxicidade do combustível, mesmo quando ambos os biodieseis seguem o mesmo processo de produção e teste.

Em comparação com o diesel comum, estudos apontam que este pode ser de 2,5 a 4 vezes mais tóxico que os biodieseis, reforçando a importância de avaliar os impactos ambientais na escolha dos combustíveis (Müller et al., 2019). Outros trabalhos mostram que, em organismos de água salgada, o biodiesel apresenta toxicidade menor que o diesel e que sua diluição ajuda a reduzir os impactos ambientais (Luchetti; Carrim; Antoniosi Filho, 2017).

Um teste realizado com *Daphnia magna*, comparando a toxicidade do biodiesel puro, de misturas com biodiesel e diesel, mostrou que a mortalidade foi menor quando exposta ao biodiesel 100% do que ao diesel ou às misturas diluídas (Khan; Warith; Luk, 2007). Esse estudo é especialmente relevante para este trabalho, pois utiliza o mesmo gênero de organismo testada, aproximando-se das condições reais, e reforça que, mesmo assim, o diesel continua sendo mais nocivo para o meio ambiente.

4. CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo produzir, avaliar e comparar a toxicidade de biodiesel a partir de sebo bovino e suíno por meio de ensaios ecotoxicológicos, demonstrando que o biodiesel bovino apresenta menor risco ambiental em casos de vazamento ou contaminação, o que reforça sua vantagem em relação aos combustíveis fósseis e derivados. A obtenção de um biocombustível ambientalmente mais seguro contribui para uma matriz energética mais sustentável, além de valorizar resíduos de origem animal e fortalecer cadeias produtivas locais. Os resultados promovem o uso de biodieseis de menor impacto ambiental e abrem caminho para futuras pesquisas sobre diferentes matérias-primas e composições químicas associadas à toxicidade, consolidando avanços rumo a uma economia mais responsável. Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 12713: Ecotoxicologia aquática: toxicidade aguda: método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea, Cladocera). *[S.l.]*: Abnt, 2016.

CARVALHO, Hugo Machado; RIBEIRO, Aldinei Barreto. Biodiesel: Vantagens e desvantagens numa comparação com o diesel convencional. Bolsista de Valor, v. 2, p. 49–54, 2012.

CHELOMIN, Victor Pavlovich *et al.* Genotoxic Effects of Exposure to Water-Soluble Fraction of Diesel Fuel in Sand Dollar Scaphechinus mirabilis Gametes. Toxics, v. 11, n. 1, p. 29, 28 dez. 2022.

DA SILVA OLIVEIRA, Débora Carvalho; SOUSA, Gabrielle Cruz Monteiro; CAVALCANTI, Luiz Antonio Pimentel. Estudo da melhoria de propriedades de escoamento a frio e estabilidade oxidativa do biodiesel a partir da mistura de óleo vegetal e gordura animal. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 6, p. 63226–63240, 2021.

GEBREMARIAM, S. N.; MARCHETTI, J. M. Economics of biodiesel production: Review. Energy Conversion and Management, v. 168, p. 74–84, 15 jul. 2018.

KHAN, Nalissa; WARITH, Mostafa A.; LUK, Grace. A comparison of acute toxicity of biodiesel, biodiesel blends, and diesel on aquatic organisms. Journal of the Air & Waste Management Association (1995), v. 57, n. 3, p. 286–296, mar. 2007.

KRAUSE, Laíza Canielas. DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE ORIGEM ANIMAL. *[S.d.]*.

LUCHETTI, Rubia; CARRIM, A. J. I.; ANTONIOSI FILHO, Nelson. Study ecotoxicity of biodiesel from residual oils and fats and the effects of salinity aquatic ecosystems. Ecotoxicology and Environmental Contamination, v. 12, p. 63–67, 6 jul. 2017.

MIGUEL, Agatha Maria; MILAD, Sérgio Ricardo Camargo. PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEOS VEGETAIS, ÓLEOS RESIDUAIS E GORDURA ANIMAL: Uma. 2022.

MÜLLER, Juliana Braun *et al.* Avaliação comparativa da ecotoxicidade aguda e crônica de frações hidrossolúveis de diesel e biodiesel sobre *Daphnia magna* e *Aliivibrio fischeri*. Chemosphere, v. 221, p. 640–646, 1 abr. 2019.

Resultados completos | IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9203-pesquisas-trimestrais-do-abate-de-animais.html?=&t=series-historicas>. Acesso em: 31 maio. 2024.

ROCHA, Gisele Olímpio Da *et al.* Química Sem Fronteiras: o desafio da energia. Química Nova, v. 36, n. 10, p. 1540–1551, 2013.

SILVA, Marina Marques da. Análise exergética da produção do biodiesel por mistura binária de sebo bovino e óleo de soja. 30 jun. 2017.

SILVA, Verônica Távilla *et al.* Óleo residual de fritura e sebo bovino: matérias-primas alternativas à produção de biodiesel. Revista Técnico-Científica do IFSC, v. 1, n. 10, p. 21–21, 2020.

Uso do biodiesel gera economia e benefícios ao país. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2023/05/25/uso-do-biodiesel-gera-economia-e-beneficios-ao-pais.html>. Acesso em: 31 maio. 2024.