
Aproveitamento do Rejeito de Pescado para Produção de Biodiesel

Use of Fish Waste for Biodiesel Production

Yanka Silva VasconcelosORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2086-2703>

Faculdade de Ciências Agrárias / Universidade Federal do Amazonas (FCA/UFAM), Brasil

E-mail: yankasv17@gmail.com**Douglas Alberto Rocha Castro**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6077-6634>

Centro Universitário Luterano de Manaus (CEULM/ULBRA), Brasil

E-mail: douglas.castro@ulbra.br**Sergio Duvoisin Junior**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2577-7898>

Universidade do Estado do Amazonas / Escola Superior de Tecnologia (UEA/EST), Brasil

E-mail: duvoisin@hotmail.com**Wenderson Gomes dos Santos**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3570-6340>

Faculdade de Ciências Agrárias / Universidade Federal do Amazonas (FCA/UFAM), Brasil

E-mail: wenderson@ufam.edu.br

RESUMO

As indústrias de beneficiamento de pescado geram grandes quantidades de resíduos durante o processo de produção. Nesse sentido, nota-se a importância do gerenciamento desses rejeitos, visto que, o descarte inadequado acarreta grande impacto ambiental. O objetivo do presente trabalho foi realizar a extração do óleo do resíduo de pescado e usá-lo como matéria-prima na produção de biodiesel por meio da rota de transesterificação. A partir disso, as amostras do óleo de pescado e do biodiesel foram submetidas as análises de acidez, massa específica, viscosidade cinemática, índice de refração e cromatografia. Os resultados mostraram que a acidez do biodiesel obtido foi de 2,64 KOH/g, porém a ANP estabelece o limite de acidez do biodiesel de 0,5 mg KOH/g. A composição de ácidos graxos do biodiesel evidenciou que o éster de ácido oleico (C18:1) é o ácido majoritário presente no biodiesel com valor de 38,658 (% área). Através do resultado da transesterificação foi possível transformar o óleo residual de pescado em 98,633(%) em éster, tornando-se uma alternativa válida para a matriz energética do Brasil.

Palavras-chave: Resíduos; Óleo de Pescado; Biodiesel;

ABSTRACT

Fish processing industries generate large amounts of waste during the production process. In this sense, the importance of managing these wastes is noted, since improper disposal has a great environmental impact. The objective of this work was to extract the oil from the fish residue and use it as a raw material in the production of biodiesel through the transesterification route. From this, the fish oil and biodiesel samples were submitted to physicochemical analyzes of acidity, density, kinematic viscosity, refractive index and chromatography. The results showed that the acidity of the biodiesel obtained was 2.64 KOH/g, however the ANP establishes the biodiesel acidity limit at 0.5 mg KOH/g. The fatty acid composition of biodiesel showed that oleic acid ester (C18:1) is the major acid present in biodiesel with a value of 38.658 (% area). Through the result of transesterification, it was possible to transform the residual fish oil in 98,633 (%) into ester, making it a valid alternative for the energy matrix in Brazil.

Keywords: Waste; Fish Oil; Biodiesel;

INTRODUÇÃO

Dentre os processos que geram resíduos orgânicos, pode-se citar a piscicultura, onde as unidades de processamento de pescado geram um número significativo de subprodutos que podem ser importantes fontes de energia, alimento ou matéria-prima industrial (COSTA, 2018).

As cabeças, escamas, peles, vísceras e carcaças (esqueleto com carne aderida) são os principais rejeitos do processamento de pescado. Os destinos mais comuns desses rejeitos são aterros sanitários e o descarte direto em rios e mares, os quais causam sérios problemas ambientais (REBOUÇAS, 2012). Estima-se que a indústria pesqueira gere anualmente cerca de 67 milhões de toneladas de resíduos no mundo. Isto tornaria possível a produção de aproximadamente 36 milhões de litros de biodiesel, o que além de gerar energia iria diminuir uma série de problemas econômicos, sociais e ambientais (RODRIGUES, 2008).

A mitigação da atual crise energética e da poluição ambiental está incentivando pesquisadores e líderes mundiais a mudarem para fontes de energia renováveis. O biocombustível, mais especificamente o biodiesel, pode ser um substituto viável para os combustíveis fósseis (CHANDRAN, 2020). De acordo com os estudos de Nascimento *et al.* 2021 e Santos (2013), uma alternativa para substituição de fontes fósseis para a produção de combustíveis seria o uso resíduos, e dessa maneira, o óleo de fritura foi utilizado como matéria-prima na produção de biocombustível, possibilitando o destino adequado desse rejeito.

Para produzir biodiesel, os óleos e gorduras podem ser obtidos a partir de rejeitos de processos industriais. O uso de resíduo orgânico como matéria-prima para produção

de biocombustíveis é uma nova abordagem para resolver questões de gestão de resíduos (STEPHEN, 2018).

No processo de extração do óleo, os pescados são levados para cozimento, em seguida passam por uma trituração, a torta é retirada e a parte líquida passa por decantação e centrifugação, extraindo assim o óleo do pescado (CASTRO, 2009). A utilização do óleo de pescado para a fabricação de biodiesel, além de ser uma alternativa para matriz energética, proporciona viabilidade econômica para o biodiesel por ser extraído do resíduo e soluciona o problema de destinação incorreta desses resíduos do beneficiamento do pescado (BERY, et. Al., 2012).

O óleo obtido a partir do resíduo de pescado, principalmente do resíduo visceral, tem sua qualidade final influenciada pelo índice de acidez. De acordo com LUTZ (2008), um processo de degradação do óleo por hidrólise ou oxidação está relacionado à acidez, que altera a concentração de íons hidrogênio no biodiesel.

O biodiesel é vantajoso em relação ao combustível diesel convencional por sua menor inflamabilidade, biodegradabilidade, nenhum ou menos teor de enxofre. Assim, o biodiesel pode ser uma fonte de energia sustentável e ecologicamente correta, pois possui alto índice de octanas e lubricidade, baixa toxicidade e menor quantidade de emissão de gases de escape (CHANDRAN, 2020).

O processo de produção de biodiesel constitui-se de cinco etapas: preparação da matéria-prima, reação de transesterificação (um dos métodos mais empregados), separação de fases, recuperação e desumidificação do álcool e purificação do biodiesel (KRAUSE, 2008).

De acordo com Brasil (2021), a mistura de biodiesel ao diesel fóssil veio no artigo 2º da Lei nº 11.097/2005, que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira. Em janeiro de 2008, entrou em vigor a mistura legalmente obrigatória de 2% (B2), em todo o território nacional. Com o amadurecimento do mercado brasileiro, esse percentual foi sucessivamente ampliado pelo CNPE até o atual percentual de 10,0%.

Dessa maneira, O presente trabalho teve como objetivo realizar a extração do óleo residual de pescado para a obtenção de biodiesel pela reação de transesterificação.

MATERIAL E MÉTODO

A matéria-prima foi fornecida por um Frigorífico localizado no município de Manacapuru - AM, totalizando 10kg de resíduo. A partir disso, as amostras foram

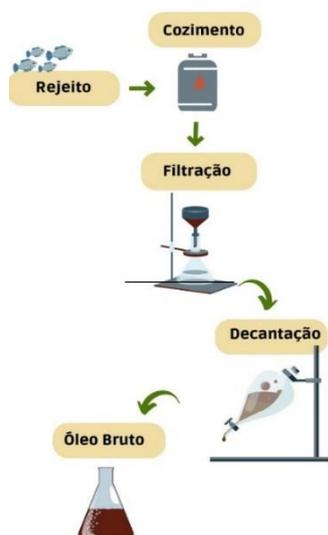
devidamente armazenadas e transportadas para a Universidade Federal do Amazonas, onde prosseguiu para as demais etapas.

As análises foram realizadas no Laboratório de Termodinâmica Aplicada localizado na Faculdade de Ciências Agrárias, na Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e na Central Analítica localizado na Escola Superior de Tecnologia, na Universidade Estadual do Amazonas (UEA).

Extração do óleo Residual

A extração do óleo consistiu nas seguintes etapas: cozimento por contato direto; filtração e decantação (Figura 1). Inicialmente, os resíduos foram submetidos ao processo de cozimento em Fogão industrial na temperatura de 225°C por 1 hora. Posteriormente, a mistura foi transferida ao filtrador simples, onde foi retirada as partes indesejáveis. Em seguida, a mistura foi levada ao decantador e permaneceu durante 1 hora para que houvesse separação água e óleo. Após a separação da água, foi obtido o óleo bruto.

Figura 1 – Fluxograma da extração do óleo residual.



Fonte: Autores, (2023).

Tratamento da Matéria-prima

O processo de refino do óleo residual bruto é composto pelas seguintes etapas: neutralização; lavagem e desumidificação, conforme é mostrado na figura 2.

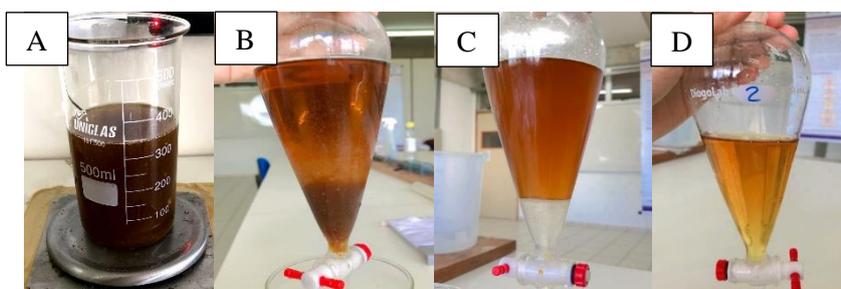
Figura 2 – Fluxograma da etapa de refino do óleo bruto residual.



Fonte: Autores, (2023).

Na fase de neutralização, preparou-se 100 ml de solução de hidróxido de sódio (NaOH) de acordo com a acidez do óleo. Em seguida, a amostra de óleo foi aquecida a uma temperatura de 50 °C por 40 minutos sob agitação magnética lenta a uma velocidade de 60 rpm. Ao final desse período, a solução de NaOH foi adicionada ao óleo. Terminada essa etapa, a mistura foi despejada em um funil de decantação e aguardou 24 h para a separação completa das fases. Após decantação, o sabão foi separado do óleo, em seguida o óleo neutralizado passou por uma extração líquido-líquido (lavagem) com solução saturada de cloreto de sódio, na proporção de 1:2 (Solução / Óleo). Esse processo de extração foi repetido 5 vezes. A figura 3 apresenta o processo de tratamento da matéria-prima.

Figura 3 – Óleo bruto (A); Formação de sabão (B); Lavagem (C); Óleo refinado (D).



Fonte: Autores, (2023).

Obtenção do Biodiesel

O óleo residual refinado foi submetido à reação de transesterificação para obtenção do biodiesel. A figura 4 ilustra cada etapa do processo.

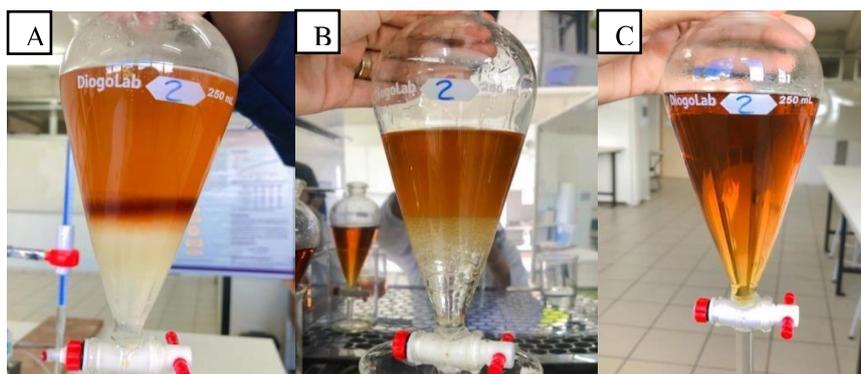
Figura 4 – Obtenção do biodiesel pela rota de transesterificação.



Fonte: Autores, (2023).

Inicialmente, foi pesada 200g da matéria-prima e 72,20g de metanol, sendo a razão 1:7 (álcool:óleo), e também, 2g do catalisador KOH (hidróxido de potássio). Sendo assim, o hidróxido de potássio previamente dissolvido em metanol foi adicionado aos poucos, com agitação constante. A mistura reacional foi colocada em um recipiente em um reator em banho termostático, onde foi mantido por 2 horas a 60 °C com agitação a 60 rpm. Após isso, o conteúdo do reator foi então transferido para um funil de decantação onde foi deixado em repouso por 30 minutos. Após a separação de fases, o glicerol formado foi removido. Foram realizadas 5 lavagens com água destilada aquecida a 40 °C, dessa maneira, o biodiesel formado foi purificado. Observa-se na figura 5 as etapas desse processo.

Figura 5 – Formação de glicerina (A); Lavagem do biodiesel bruto (B); Biodiesel formado.



Fonte: Autores, (2023).

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E COMPOSICIONAL

Índice de Acidez

O índice de acidez foi determinado por titulação volumétrica, de acordo com a norma NP EN ISO 660 (2002), exprimindo-o em miligramas de KOH por gramas de amostra. Foi pesado 10 g da amostra em frasco Erlenmeyer, em seguida adicionou-se 100 mL de mistura equimolar de solvente (éter de petróleo + álcool etílico (99,8%) previamente neutralizada com KOH e contendo 3 gotas de fenolftaleína. Em outro balão volumétrico foi colocado as mesmas misturas, mas sem o óleo, para o ensaio padrão. Em seguida, foi titulado com a solução de KOH 0,2 M sob agitação constante, até o ponto de viragem, onde apresenta coloração rósea persistente por 30 segundos. O índice de acidez (IA) foi calculado através da equação 1:

$$IA = \frac{M_{KOH} \cdot V_{KOH} \cdot C_{KOH}}{M_{amostra}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

M_{KOH} = massa molar do KOH ($M_{KOH}=56,1$)

V_{KOH} = volume de solução KOH gasto para titular a solução.

C_{KOH} = concentração da solução de KOH

$M_{amostra}$ = massa da amostra.

Massa específica

A massa específica, relação da massa de uma substância pelo volume do mesmo, foi determinada segundo a norma AOCS Cc 10c-95 (AOCS, 2004) à 20°C. Para a análise foi utilizado um picnômetro de 10 ml, previamente calibrado e uma balança analítica.

Viscosidade Cinemática

Para a análise da viscosidade cinemática utilizou-se um viscosímetro Cannon-Fenske com capilar n° 300, determinada experimentalmente pelo método ASTM D445. A viscosidade foi obtida a partir do tempo de escoamento e do fator de calibração do viscosímetro, pela equação 3.

$$v = K \cdot t \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

v = viscosidade cinemática

K = Constante

t = tempo do escoamento

Índice de Refração

O índice de refração foi analisado, em de 40°C, através do uso de um refratômetro de bancada.

Cromatografia

A separação e a identificação dos componentes presentes foram realizadas no equipamento Agilent Technologies – Modelo CG-7890B acoplado a Espectrômetro de Massas modelo MS-5977A, coluna capilar de sílica fundida SLBTM-5ms (30m x 0,25mm x 0,25um).

As condições utilizadas no CG-MS foram: temperatura do injetor: 250 °C; split: 1:50 temperatura do detector: fonte: 230 °C e quadrupolo: 150 °C; volume de injeção: 1,0 uL; forno: 30 °C/1 min. – 5,0 °C.min⁻¹ – 280 °C/13 min. Este método de análise consiste na volatilização da amostra e no seu transporte por meio de um gás de arraste através de uma coluna cromatográfica onde acontece a separação. Para cada pico analisado foi registrada a sua intensidade, tempo de retenção e a identificação do composto de acordo com a biblioteca de espectros de massas da National Institute of

Standards and Technology (NIST Standard Reference Database 1A v14) que faz parte do software usado. A identificação foi realizada baseando-se na similaridade do espectro de massas do pico obtido com os espectros que fazem parte do banco de dados da biblioteca inclusa no software. Os teores de todos os compostos presentes nas amostras foram separados e estimada a composição química, em percentual de área do cromatograma.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização Físico-química da Matéria-prima e do Biodiesel

As características do óleo bruto, do refinado e do biodiesel estão mostradas na tabela 1..

Tabela 1: Parâmetros Físico-químicos da matéria e do biodiesel.

Característica	Unidade	Óleo Bruto	Óleo Refinado	Biodiesel
<i>Índice de Acidez</i>	mg KOH/g	4,92	2,59	2,64
<i>Massa específica (20°C)</i>	Kg/m ³	1000	917	900
<i>Viscosidade Cinemática (40°C)</i>	mm ² /s	35,5	36,7	28,5
<i>Índice de Refração</i>	-	1,472	1,468	1,470

Fonte: Autores (2023).

O valor do índice de acidez para o óleo bruto foi de 4,92 mg KOH/g, ao comparar com a literatura, percebe-se que está acima dos valores encontrados em óleos de pescado, como mostrado por Vilela (2010) com 2,42 mgKOH/g; Bery et al. (2012) com 1,47 mg KOH/g; Santos et al. (2010), com 2,81 mgKOH/g. A acidez elevada do óleo, se deve ao fato de que, possivelmente, houve maior degradação térmica durante o processo cozimento para extração do óleo, submetidos a uma temperatura à 225°C. Quando ocorre aquecimento prolongado, Abdulkarim (2007) afirma que acontece a polimerização da molécula dos triacilgliceróis, aumentando a viscosidade do óleo e seu índice de acidez. O processo de deterioração dos óleos provoca aumento dos dienos e trienos conjugados de ligações insaturadas elevando o índice de ácido tiobartúrico, índice de peróxidos, índice de iodo, índice de refração e viscosidade da molécula do triacilglicerol.

Sendo assim, o óleo residual de pescado passou por uma etapa de redução de acidez. Após a neutralização a acidez passou a ser 2,59 mg KOH/g. Contudo, a etapa de neutralização não foi suficiente para reduzir esse parâmetro de forma significativa, pois o óleo com teor de acidez elevada não é indicado para produção de biodiesel por rota alcalina, sendo responsável por uma elevada formação de sabão e, conseqüentemente diminuiria o teor de ésteres etílicos. Uma possível solução para isso seria o emprego das etapas degomagem, branqueamento e desodorização indicadas em Santos *et al* (2022) como etapas na refinação física de óleos.

A Resolução nº 07 de 19.3.2008 – DOU 20.3.2008 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), determina os padrões nacionais de qualidade e preconiza que o índice de acidez do biodiesel deve ser inferior a 0,50mgKOH/g, deste modo é perceptível que a acidez do biodiesel está fora do limite estabelecido pela legislação vigente.

A massa específica do óleo bruto apresentou um valor de 1000 kg/m³ a 20°C. Após a neutralização a densidade ficou menor com 917 kg/m³ a 20°C. Dessa maneira, observou-se que os valores obtidos para óleo neutralizado foram próximos aos encontrados na literatura em óleos de pescado. Melo *et al.* (2010) apresentou o valor de 914 kg/m³ a 20 °C; para Bery (2012), a densidade apresentou um índice de 919 kg/m³ a 20 °C.

A densidade dos ésteres etílicos a partir do óleo de pescado foi de 900 kg/m³, dentro do limite estabelecido pela ANP de 850,0 a 900,0 kg/m³ e próximo aos valores encontrados por Segura (2012) e Melo *et al.* (2010), em ésteres etílicos a partir do óleo de peixe 901 kg/m³, 914 kg/m³, respectivamente.

A viscosidade cinemática a 40°C do óleo de pescado bruto foi de 35,5 mm²/s, após a neutralização esse parâmetro passou para 36,75 mm²/s. Observa-se que a etapa de neutralização não influenciou significativamente esse parâmetro. Esse pequeno aumento na viscosidade pode ser explicado devido a neutralização retirar os ácidos graxos de cadeia curta o que resultou em uma maior interação entre os triglicerídeos de cadeia longa, aumentando dessa forma a viscosidade. Contudo, o valor obtido ainda está próximo aos encontrados na literatura para óleos de pescado, sendo de 32,1 mm²/s a 37 °C (Santos *et al.*, 2010); 32 mm²/s a 40 °C (Bery *et al.*, 2012).

Para o biodiesel, quanto maior a viscosidade do combustível, maiores os problemas causados nas peças do motor, diminuindo o desempenho e tempo de vida útil da máquina. Foi constatado que a etapa de transesterificação reduziu a viscosidade cinemática a 40°C para 28,5 mm²/s. Contudo esse valor não está em conformidade à

resolução nº7 da ANP (2008) que estabelece uma faixa de 3,0 a 6,0 mm²/s para a viscosidade cinemática a 40°C.

O índice de refração obtido para o óleo bruto foi de 1,472, após a neutralização o índice de refração passou a ser de 1,469 e para o biodiesel o valor foi de 1,471. Pesquisas realizadas voltadas ao índice de refração em óleos de pescados são mínimas, com exceção de estudo Yamashita et al. (2021) que encontrou em amostra, o valor de 1,471. Dessa maneira, nota-se que existe uma semelhança na literatura com o valor do óleo bruto neste trabalho.

Para o biodiesel, a ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, também não estabelece limites sobre o índice de refração. Portanto os dados gerados neste estudo podem subsidiar parâmetros para futuras regulamentações, auxiliar na elaboração de um banco de dados de óleos de pescado e de biodiesel.

Caracterização Composicional do Biodiesel

O teor de ésteres no biodiesel é um parâmetro previsto na ANP, sendo a percentagem mínima exigida de éster de 96,5% (m/m), a ser determinada através do método cromatográfico. A tabela 2 apresenta a composição dos ácidos graxos do biodiesel.

Considerando a informação da análise destes cromatogramas, pode dizer-se que o éster de ácido oleico (C18:1) é o éster majoritário presente no biodiesel, seguido do éster de ácido palmítico (C16:0), e do éster de ácido linoleico (C20:2).

Para Cardoso (2017), a composição do óleo de pescado encontrado foi de 38,54% para o ácido palmítico (C16:0) sendo o composto dominante, seguido do ácido oleico (C18:1) com 15,11% sendo o composto predominante. Fazendo as análises comparativas, nota-se que os compostos encontrados em maior quantidade são semelhantes.

Tabela 2: Composição dos ácidos graxos do biodiesel de óleo de pescada

PICO	TEMPO DE RETENÇÃO (MIN.)	COMPOSTO	FÓRMULA MOLECULAR	CAS NUMBER	ÁREA (%)
1	7.920	Diacetona álcool éster etílico <i>2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl</i>	C ₆ H ₁₂ O ₂	123-42-2	0.769
2	29.720	Ácido láurico éster etílico <i>Dodecanoic acid, ethyl ester</i>	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	106-33-2	0.575
3	34.069	Ácido mirístico éster etílico <i>Tetradecanoic acid, ethyl ester</i>	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	124-06-1	3.632
4	36.203	Ácido palmítico éster etílico <i>Pentadecanoic acid, ethyl ester</i>	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	41114-00-5	0.867
5	38.324	Ácido palmitelaídico éster etílico <i>Ethyl 9-hexadecenoate</i>	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	54546-22-4	5.099
6	38.864	Ácido palmítico éster etílico <i>Hexadecanoic acid, ethyl ester</i>	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	628-97-7	24.879
7	44.621	Ácido linoleico éster etílico <i>9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester</i>	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	7619-08-1	11.496
8	44.760	Ácido oleico éster etílico <i>Ethyl Oleate</i>	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	111-62-6	34.594
9	44.904	(E)-9-Ácido oleico éster etílico <i>E-9-Octadecenoic acid ethyl ester</i>	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	6114-18-7	3.466
10	45.342	Ácido esteárico éster etílico <i>Octadecanoic Acid, ethyl ester</i>	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	111-61-5	11.775
11	47.920	5,8,11,14 - Ácido araquidônico, éster metílico, (all-Z) <i>5,8,11,14-Eicosatetraenoic acid, methyl ester, (all-Z)</i>	C ₂₁ H ₃₄ O ₂	2566-89-4	0.705
12	48.640	E-11-Ácido palmítico, éster etílico <i>E-11-Hexadecenoic acid, ethyl ester</i>	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	NIST#: 245719	0.757
13	49.047	Ácido palmítico, éster etílico <i>Hexadecanoic acid, ethyl ester</i>	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	628-97-7	0.788
14	49.784	Ácido oleico <i>Oleic Acid</i>	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	112-80-1	0.598

Fonte: Autores (2023).

As porcentagens correspondentes de ácidos graxos saturados e ácidos graxos insaturados no biodiesel estão expostos na tabela 3.

Tabela 3: Porcentagem dos ácidos graxos encontrados no biodiesel de óleo de pescado.

COMPOSTOS	FÓRMULA	(%) ÁREA
Ácido Láurico éster etílico	C12:0	0,575
Ácido Mirístico éster etílico	C14:0	3,632
Ácido Palmítico éster etílico	C16:0	32,39
Ácido Esteárico éster etílico	C18:1	11,775
Ácido Oleico éster etílico	C18:1	38,06
Ácido Linoleico éster etílico	C20:2	11.496
Ácido Araquidônico éster etílico	C18:4	0,705
Ácidos Graxos Saturados	48,372 (%)	
Ácidos Graxos Insaturados	50,261 (%)	

Fonte: Autores (2023).

O biodiesel de óleo residual de pescado apresentou um alto índice de ácidos graxos insaturados e, de acordo com Knothe et al. (2006), óleos com grande quantidade de ácidos graxos insaturados são adequados para produção de biodiesel, por proporcionarem melhores características físico-químicas ao biodiesel. Da mesma forma, Beltrão e Oliveira (2008), afirmam que de uma forma geral, um biodiesel com predominância de ácidos graxos oleico C18:1 são os que apresentam os melhores resultados.

Desse modo, foi possível verificar que houve formação de ésteres etílicos no biodiesel em quantidades significativas e positivas, na qual, fazendo uma análise comparativa com a literatura, observa-se que os teores de ácidos graxos para óleo de pescado estão dentro dos padrões encontrados nos estudos para produção de biodiesel.

Dessa maneira, com os resultados da cromatografia para identificação e quantificação dos compostos presentes no biodiesel, o valor de 48,372(%) para ácidos graxos saturados e de 50,261 (%) para ácidos graxos insaturados, são considerados favoráveis para o biodiesel. Nota-se também, a identificação de ácido graxo oleico no biodiesel que não houve transformação em biodiesel no percentual de 0,598 (%). Logo, observa-se que o objetivo principal do trabalho foi alcançado, pois, houve transformação do óleo de pescado em 98,633 (%) em éster.

CONCLUSÃO

O aproveitamento do resíduo de pescado para obtenção de óleo para ser utilizado como matéria-prima na produção de biodiesel, é uma alternativa inovadora que tem como o principal objetivo minimizar os impactos ambientais e gerar inovação para a matriz energética do Brasil.

De acordo com o resultado das análises físico-químicas, é necessário otimizar o processo de extração do óleo de pescado controlando a temperatura e buscando uma metodologia que não prejudique na estabilidade do óleo, dessa forma, as características físico-químicas do biodiesel não serão afetadas.

Observou-se que a etapa de neutralização do óleo bruto não foi suficiente para reduzir a acidez de acordo com a legislação. Dessa maneira, a acidez elevada do óleo, se deve ao fato de que, possivelmente houve maior degradação térmica durante o processo de extração do óleo na temperatura à 225°C, já que o aquecimento prolongado pode levar à polimerização da molécula dos triacilgliceróis, aumentando a viscosidade do óleo e seu índice de acidez.

A análise de composição do biodiesel de óleo residual de pescado foi determinada por cromatografia, onde observou-se que houve formação de ésteres na qual os componentes mais abundantes no biodiesel foi éster de ácido oleico (C18:1), éster de ácido palmítico (C16:0), seguido do éster de ácido linoleico (C20:2).

O objetivo principal do trabalho foi alcançado, podendo comprovar que a alternativa de aproveitamento dos rejeitos de pescados a partir da extração do óleo residual de pescado tem eficiência para produzir biodiesel, pois houve um resultado satisfatório e positivo com a transformação da matéria-prima em 98,633 (%) em éster.

REFERÊNCIAS

ABDULKARIM, S. M. et al. **Frying quality and stability of high- oleic moringa oleifera seed oil in comparison with other vegetable oils.** Food Chemistry. V.105, n. 4, pp.1382-389, 2007.

ANP – **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.** Resolução n.7, de 19 de março de 2008. Brasília: Diário Oficial da União, p.37-38. 2008.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas e seus Óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel.** Embrapa. Campinas Grande, 2008.

BERY, C. C. S.; NUNES, M. L.; SILVA, G. F.; SANTOS, J. A. B.; BERY, C. S. **Estudo da viabilidade do óleo de vísceras de peixes marinhos *Seriola Dumerlii* (Arabaiana), *Thunnus ssp* (Atuam), *Scomberomorus cavala* (Cavala) e *Carcharrhinus spp* (Cação) comercializados em Aracaju-SE para a produção de biodiesel.** Revista Geintec, v. 2, n. 3, p.297-306 Sergipe, 2012.

BERY, C. C. S.; NUNES, M. L.; SILVA, G. F.; SANTOS, J. A. B.; BERY, C. S. **Estudo da viabilidade do óleo de vísceras de peixes marinhos *Seriola Dumerlii* (Arabaiana), *Thunnus ssp* (Atuam), *Scomberomorus cavala* (Cavala) e *Carcharrhinus spp* (Cação) comercializados em Aracaju-SE para a produção de biodiesel.** Revista Geintec, v. 2, n. 3, p.297-306, 2012.

BRASIL. **Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005.** Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: www.planalto.gov.br. 2005.

CARDOSO, L. C. **Caracterização de óleo de peixe e potencial de produção de biodiesel.** Dissertação mestrado. Maringá, 2017.

CASTRO, B. C. S. **Otimização das Condições da Reação de Transesterificação e Caracterização dos Rejeitos dos Óleos de Fritura e de Peixe para Obtenção de Biodiesel.** 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

CHANDRAN, D. **Compatibilidade de materiais de motores diesel com combustível biodiesel.** Renovar Energia 147, 89-99, 2020.

COSTA, F. E. S. **Aproveitamento de Resíduos da piscicultura de mudas de *Apeiba tibourbou* Aubl.** Instituto Federal do Espírito Santo. Campos de Alegre, 2018.

KNOTHE, G. **Analyzing Biodiesel: Standards and Other Methods.** Journal of the American Oil Chemists' Society. v. 83, n. 10, 2006.

KRAUSE, Laíza Canielas. **Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal.** Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

MELO, G. O., et al. **Biodiesel de óleo de peixe uma alternativa para regiões semiáridas,** Congresso Brasileiro de mamona e simpósio Internacional de oleaginosas energéticas, Campina grande: Embrapa Algodão, p. 30-35. 2010.

NASCIMENTO, J.P. **Beneficiamento do óleo residual de fritura para produção debiocombustível catalisado com lama vermelha.** Revista Scientia Amazonia, v.10, nº 1,2021. Disponível em: <https://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2021/08/v10-n1-C10-C22-2021.pdf>

REBOUÇAS, Marina et al. **Caracterização do concentrado proteico de peixe obtido a partir dos resíduos de filetagem de tilapia do Nilo.** Semina: Ciências Agrárias. v. 33. Londrina, 2012.

RODRIGUES, K. K.; **Biodiesel de Óleo de Peixe. desenvolvido na disciplina Tecnologia Orgânica Experimental (EQO-595).** Graduação em Engenharia Química, EQ/UFRJ. Rio de Janeiro, 2008.

SANTOS N. A., et al. **Thermo-Oxidative Stability and Cold Flow Properties of Babassu Biodiesel by PDSC and TMDSC**. Techniques. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2010.

Santos, J. E. A. dos ., Barbosa, E. F. ., Pinho, T. de F. V. de ., Santos, W. G. dos ., Oliveira, R. M. de ., Cardoso, D. N. P. ., Rodrigues, E. C. ., & Ferreira, J. L. (2022). **Quantificação de perdas geradas no processo de desodorização do óleo de palma a partir do índice de acidez**. *Conjecturas*, 22(6), 480–494. Recuperado de <https://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/1088>.

Santos, W. G. **Craqueamento termocatalítico do óleo de fritura residual**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade de Federal do Pará. Belém. 2013. Disponível em: https://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/4630/1/Dissertacao_CraqueamentoTermocataliticoOleo.pdf

STEPHEN, J. L.; PERIYASAMY, B. **Innovative developments in biofuels production from organic waste materials: A review**. *Fuel*, v. 214, p. 623-633, September, 2018.

VILELA, L. A. N. **Valorização de Óleos de Peixe para a Produção de Biodiesel**. 59f. Tese (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de pós-graduação em Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Cidade do Porto, Portugal. 2010.

YAMASHITA, K.M.M.; DIAS, B. C, C.; DIAS, A. N.; MANCINI, F. J. **Propriedades físicas na caracterização dos óleos de peixe**. *Revista Brasileira De Agrotecnologia*, 11(2), 386–392. 2021.