



PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BIODIESEL DE ÓLEO DE SOJA REFINADO E SEUS COMPARATIVOS

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF REFINED SOYBEAN OIL BIODIESEL AND ITS COMPARISONS

Jean Michel Chaves Orben¹

Reginaldo Ferreira Santos²

Jair Antonio Cruz Siqueira³

Rafaela Adam Baioco⁴

Félix Augusto Pazuch⁵

Eliane Vieira dos Santos⁶

Isabella Ribas Pereira⁷

Resumo: Devido às questões ambientais e de escassez, fontes de energia provenientes do petróleo são aos poucos substituídas por fontes renováveis, sendo notável o biodiesel. O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, e a partir desse grão, é extraído o óleo para a fabricação do combustível. Apesar de possuir um custo mais elevado que o do diesel, vários países possuem leis que incentivam o seu uso, sendo o Brasil um deles, onde por lei é misturado 13% de biodiesel no diesel comercializado. O desempenho do biodiesel em motores a combustão também apresenta diferenças quando comparado com o diesel puro, e alguns fatores físico-químicos podem alterar a eficiência, especialmente a viscosidade cinemática. Este trabalho produz o biodiesel a partir do processo de transesterificação a partir do óleo de soja refinado, e são realizadas as caracterizações físico-químicas do biodiesel e comparadas frente ao óleo de soja extravirgem, óleo de soja refinado e diesel puro. Destaca-se a maior presença de aromáticos no diesel puro, o ponto de congelamento do biodiesel ser 6 °C superior, bem como a viscosidade cinemática do biodiesel ser 90,5% maior que a do diesel puro.

Palavras-chave: Soja. Biodiesel. Biomassa. Fontes Renováveis. Biocombustível.

Abstract: Due to environmental issues and scarcity, energy sources from petroleum are gradually replaced by renewable sources, with biodiesel being notable. Brazil is the second largest producer of soy in the world, and from this grain, oil is extracted to manufacture the fuel. Despite having a higher cost than diesel, several countries have laws that encourage its use, Brazil being one of them, where

¹ Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná. jeanorben@hotmail.com

² Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná.

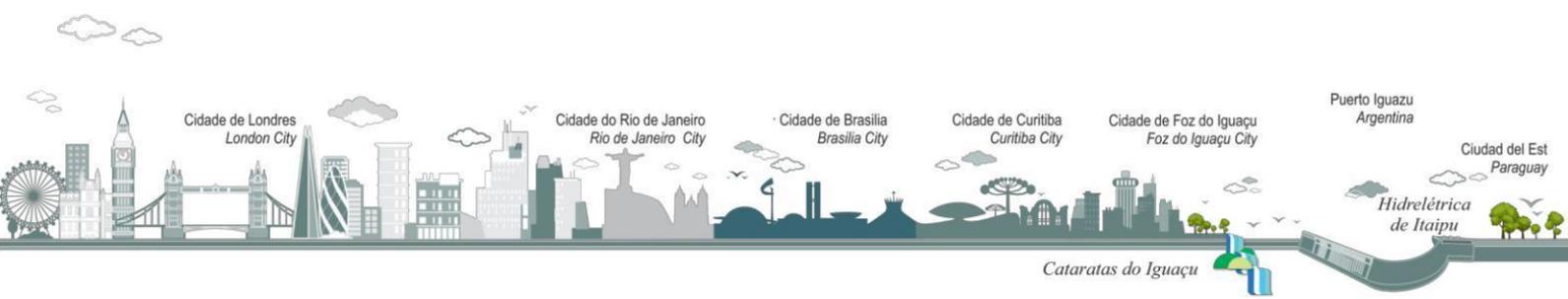
³ Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná.

⁴ Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná.

⁵ Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná.

⁶ Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná.

⁷ Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná.





by law 13% of biodiesel is mixed in commercialized diesel. The performance of biodiesel in combustion engines also shows differences when compared to pure diesel, and some physical-chemical factors can change the efficiency, especially the kinematic viscosity. This work produces biodiesel from the transesterification process from refined soybean oil, and physicochemical characterizations of biodiesel are performed and compared against extra virgin soybean oil, refined soybean oil and pure diesel. It is noteworthy the greater presence of aromatics in pure diesel, the freezing point of biodiesel being 6 °C higher, as well as the kinematic viscosity of biodiesel being 90.5% higher than that of pure diesel.

Keywords: Soy. Biodiesel. Biomass. Renewable sources. Biofuel.

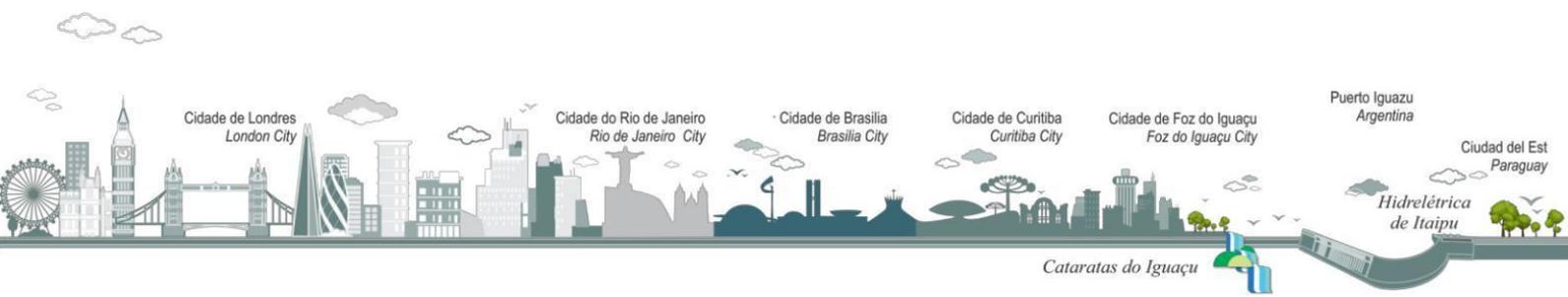
INTRODUÇÃO

Originária do leste asiático, a soja (*Glycine max*) é produzida comercialmente no Brasil há mais de um século. Hoje, o país é o segundo maior produtor de soja, atrás apenas dos Estados Unidos, com áreas de plantio superiores a 33 milhões de hectares (LIMA *et al.*, 2022).

Existem diversos fatores econômicos que explicam a escala de plantio da soja, sendo um deles a não-dependência de aplicação de fertilizantes à base de nitrogênio, devido à simbiose “soja-*rhyzobium*”, que realiza a fixação de nitrogênio no solo, proporcionando assim maior rentabilidade e permitindo o plantio entre safras de culturas dependentes do insumo. Outro fator é a diversidade de produtos oriundos da soja, sendo esses destinados à alimentação animal, alimentação humana e produção de óleo (RONGLI *et al.*, 2020).

Enquanto muitos dos países mais industrializados convertem a maior parte da energia que utilizam a partir de fontes não-renováveis, entende-se a necessidade de buscar alternativas sustentáveis, e nesse contexto o Brasil é um dos protagonistas na pesquisa e produção de energias renováveis, tendo como um dos destaques o biodiesel, sendo a soja sua principal matéria prima. No país, a lei 13.263 determina que 13% do diesel comercializado deve ser composto por biodiesel (EPE, 2022). No mundo, a produção de biodiesel é regulamentada por leis que garantem benefícios de isenção de impostos, aumentando a competitividade do setor (CÉSAR *et al.*, 2018).

Apesar do potencial de diversificação de culturas no Brasil para a utilização na fabricação de biodiesel, em locais onde a soja já é estabelecida como a principal cultura nessa cadeia produtiva, acaba-se reduzindo o interesse e pesquisas por outras culturas (CÉSAR *et al.*, 2018). Sendo a soja já estabelecida como a principal fonte de biodiesel no Brasil (EPE, 2022), os





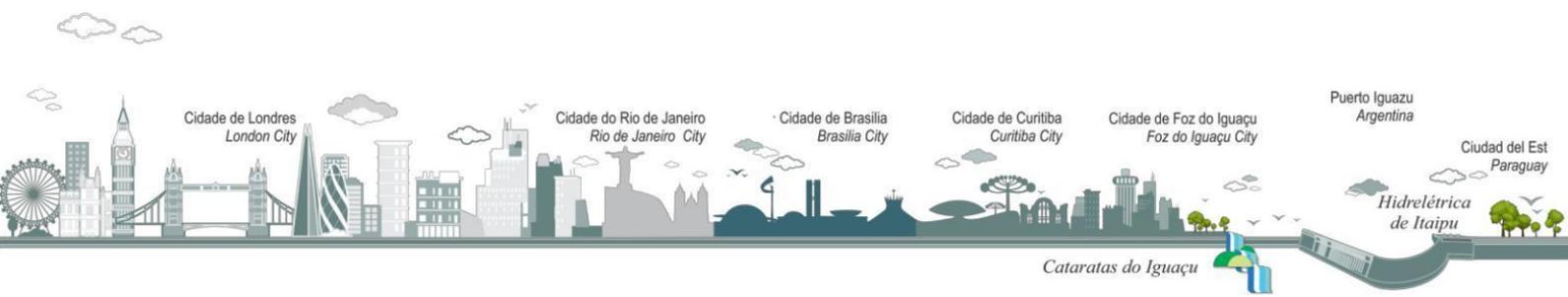
métodos de extração de óleo apresentam crescente aumento de rendimento. Pelo método de extração com solventes, verifica-se rendimento de até 200kg de óleo para cada tonelada do grão (MWAURAH *et al.*, 2019). Esse óleo pode ser utilizado em sua forma natural após a filtragem em motores de ciclo diesel modificados, mas normalmente é utilizado após transformar-se em biodiesel via processos químicos como a pirólise ou a transesterificação (TABATABAEI *et al.*, 2019).

O processo químico mais utilizado para transformar óleos naturais em biodiesel é a transesterificação (BHARTI *et al.*, 2021), em que três moléculas de álcool (normalmente metanol) reagem com uma molécula de triglicerídeo. O processo normalmente é realizado em pressão atmosférica, entre 60°C e 70°C com a utilização de um catalisador. Essa reação resulta em um éster monoalquílico, também conhecido como biodiesel, e glicerol. A separação do glicerol é importante para o aumento da qualidade do biodiesel, evitar resíduos nos motores à combustão e reduz os gases poluentes que seriam emitidos no processo da combustão (TABATABAEI *et al.*, 2019).

Como a produção de biodiesel ainda apresenta custos mais elevados em relação ao diesel tradicional, devido principalmente ao uso da matéria prima para a alimentação animal, comercialmente, mistura-se o biodiesel com o diesel de petróleo, e o produto resultante é chamado de blenda. O biodiesel tem índice de cetano mais alto que do diesel, não possui aromáticos nem enxofre, e contém aproximadamente 10% de peso em oxigênio. O baixo teor de enxofre na mistura reduz as emissões do dióxido de enxofre, que gera ácido sulfídrico na atmosfera e resulta na formação de chuva ácida (CHHABRA; SHARMA; DWIVEDI, 2017).

Outro motivo para a mistura do diesel de petróleo ao biodiesel seria a diferença de viscosidade cinemática entre ambos. Como o biodiesel em geral apresenta viscosidade cinemática maior, ao ser borrifado na câmara de combustão, o tamanho das gotículas é maior, fator que acarreta a eficiência de combustão um pouco reduzida (KHIRAIYA *et al.*, 2021). Por isso, é importante analisar as características do biodiesel para verificar qual a melhor proporção de blenda para cada finalidade.

Este trabalho possui caráter exploratório, e seu objetivo é estabelecer e comparar os parâmetros físico-químicos do óleo de soja extravirgem, do óleo de soja refinado, do biodiesel produzido a partir desse óleo e do diesel puro refinado do petróleo. Para isso, foi realizado o





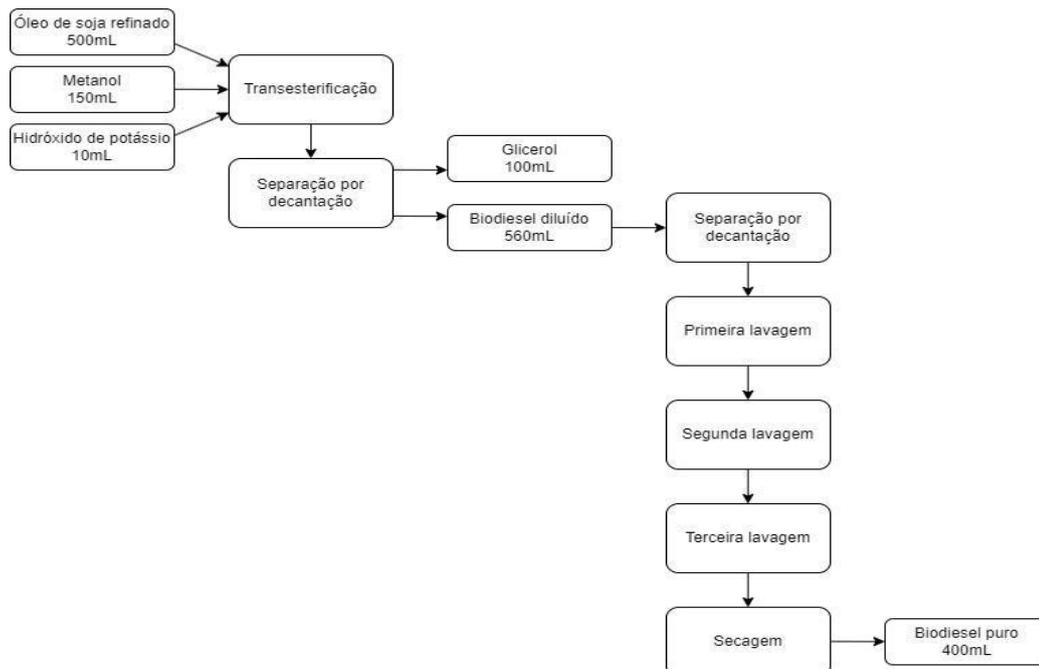
processo de produção de biodiesel via transesterificação a partir do óleo de soja refinado no Laboratório de Tecnologias Sustentáveis (LABTES), situado na UNIOESTE campus Cascavel – Paraná, e então enviadas amostras para o laboratório Pool Lab situado em Itajaí – Santa Catarina, a fim de determinar as características físico-químicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

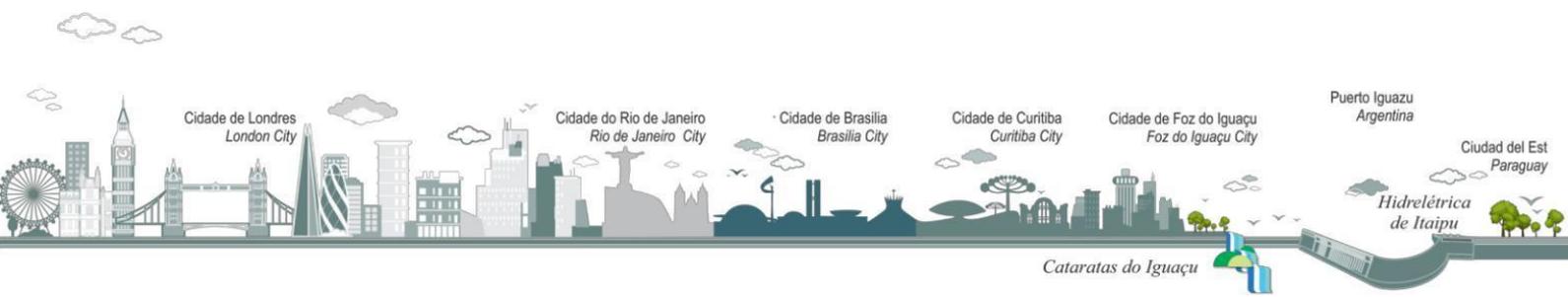
Este trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologias Sustentáveis (LABTES), situado na UNIOESTE, campus Cascavel – Paraná, latitude 24° 59' 18,1" S e longitude 53° 26' 55,4" O, e altitude 790m.

A produção do biodiesel foi realizada utilizando como matéria prima o óleo de soja refinado, o qual foi submetido ao processo de transesterificação. Para tal, utilizou-se a rota etílica, e foi preparado uma solução de hidróxido de potássio (KOH) como catalizador e metanol (CH₃OH), conforme a metodologia de Knothe *et al.* (2006). A Figura 1 apresenta o fluxograma do processo até a obtenção do biodiesel.

Figura 1 - Fluxograma do processo de produção de biodiesel a partir do óleo de soja refinado.



Fonte: os autores, 2022.



Para a reação, foram utilizados 500mL de óleo de soja refinado, 150mL de Metanol e 10mL de hidróxido de potássio. O óleo ficou sob agitação magnética em um becker e elevado até a temperatura de aproximadamente 65°C. Enquanto isso, em um balão de fundo chato foi adicionado o metanol e o hidróxido de potássio, e agitado até a dissolução do catalisador. Então, a solução do balão foi adicionada lentamente ao becker com o óleo. Como pode-se verificar na Figura 2, nesse processo, a coloração do óleo é alterada, tornando-se turva.

Figura 2 - Óleo de soja puro (esquerda) e solução óleo, KOH e CH₃OH (direita).



Fonte: Os autores, 2022.

Então, a solução continua mantida a 65°C e sob agitação magnética. Após aproximadamente 1h30, a solução torna-se mais límpida, conforme Figura 3, o que indica que está pronta para a próxima fase do procedimento.

Figura 3 - Solução após 1h30 de agitação (esquerda) e solução após 20min (direita).



Fonte: Os autores, 2022.

A solução foi então transferida para um funil de separação, e deixou-se decantar por 24 h. Considerando que, após o processo da transesterificação a solução passou a ser



heterogênea, devido à ação da gravidade e da diferença de peso específico, foi possível identificar duas fases no funil de separação. A fase superior, contendo 560mL de biodiesel diluído, e a fase inferior, mais densa, escura e viscosa, contendo 100mL do subproduto glicerol, Figura 4. Foi aberta a parte inferior do tubo para realizar a separação das duas fases.

Figura 4 - Funil de separação contendo biodiesel diluído e glicerol.



Fonte: Os autores, 2022.

O glicerol foi armazenado em uma garrafa para a utilização em outros projetos, mas não mais foi utilizado nesse. O que interessa para este trabalho é o biodiesel, que neste momento contém na mistura parte da solução de hidróxido de potássio e metanol. Por isso, ainda seguindo a metodologia de Knothe *et al.* (2006), deve-se realizar a separação desses elementos.

Novamente aproveitando-se da característica de mistura heterogênea, realiza-se o procedimento de lavagem. Nessa etapa, colocou-se o biodiesel diluído num balão de fundo chato, juntamente com 150mL de água (a mesma quantidade que anteriormente foi adicionado metanol), e foi agitado. Em seguida, o conteúdo do balão foi transferido para outro funil de separação, e deixou-se decantar por 24 h. Como o óleo biodiesel é insolúvel na água e possui densidade inferior à água, ficou na parte superior do funil, demonstrado na Figura 5. Já a água, mais densa e misturada com o resquício de hidróxido de potássio e metanol que estava presente no biodiesel, encontrou-se na parte inferior do funil. Após a decantação, as duas fases foram separadas, guardando-se o biodiesel e descartando a solução aquosa. Esse processo foi realizado três vezes.

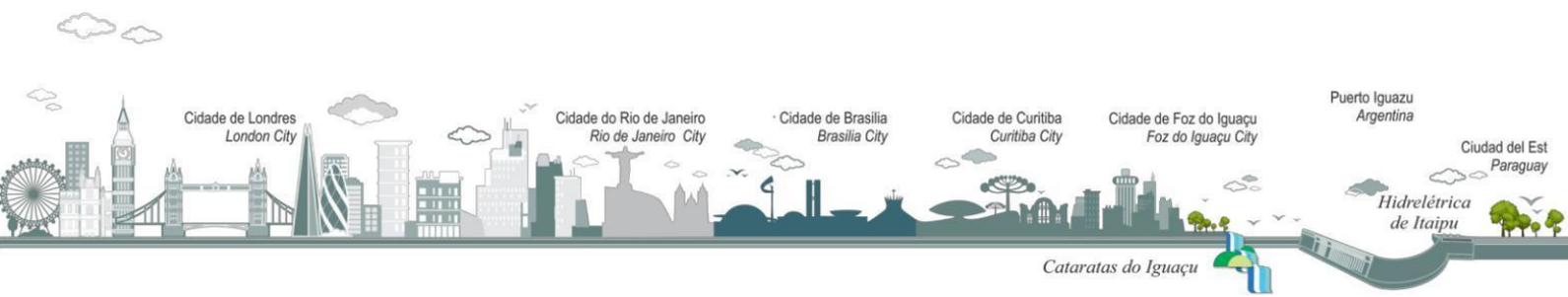


Figura 5 - Funil de separação contendo biodiesel na fase superior e mistura de água, KOH e CH₃OH na fase inferior.



Fonte: Os autores, 2022.

Por fim, após a terceira lavagem e separação da água pelo funil, deseja-se retirar totalmente o resíduo de água e metanol do biodiesel. Para isso, o produto é depositado em um becker, e levado a uma estufa para realizar a secagem, conforme Figura 6, à temperatura de 105 °C, onde ficou por 24 h.

Figura 6 - Beckers contendo biodiesel em uma estufa.



Fonte: Os autores, 2022.

Como a água entra em ebulição a 100 °C, e o biodiesel a uma temperatura muito superior, esse processo irá deixar o biodiesel praticamente puro. Finalmente, após o biodiesel ser resfriado, foi envasilhado em garrafas esterilizadas e enviado para o laboratório Pool, em Itajaí – Santa Catarina, juntamente com amostra de óleo de soja refinado proveniente da mesma garrafa que o utilizado para a produção de biodiesel, e ainda, para efeitos



comparativos, uma amostra de óleo de soja extravirgem e diesel puro (D100), para realizar as devidas caracterizações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

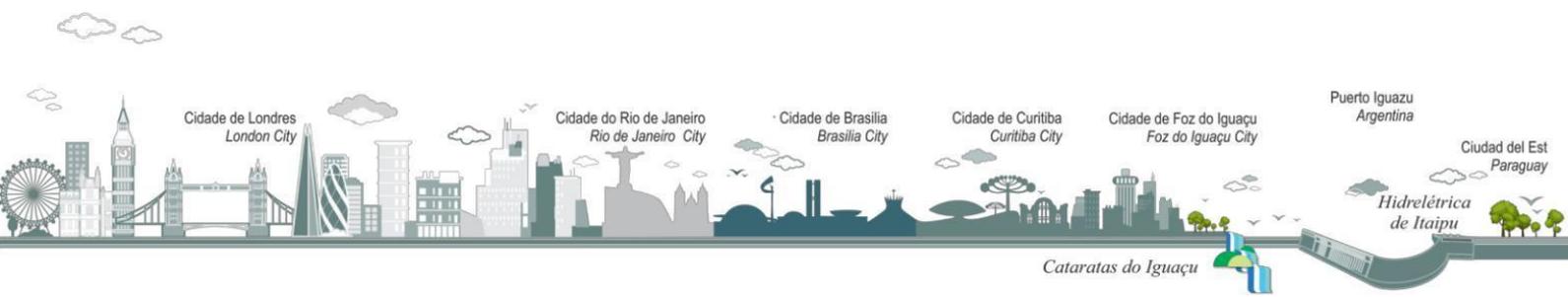
Os resultados recebidos do laboratório determinam vários aspectos, sendo realizadas as seguintes análises: aspecto, cor, massa específica a 20°C, ponto de fulgor, porcentagem de água e sedimentos (BSW), teor de biodiesel, ponto de congelamento, viscosidade a 40°C, teor de éster, aromáticos totais, olefinas totais, benzeno, tolueno, glicerol, corrosividade ao cobre e por fim, água por Karl Fischer. Esses resultados estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados das caracterizações

Ensaio	Unidade	Método	Especificação	Óleo de Soja Extravirgem	Óleo de Soja Refinado	odiesel Soja Refinado	Diesel (D100)
Aspecto	-	Visual	L.I.I.	L.I.I.	L.I.I.	L.I.I.	L.I.I.
Cor Visual		Visual	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Massa Específica a 20 °C	Kg/m ³	ASTM D 4052	820 a 853,0	920,6	920,1	883,0	833,6
Ponto de Fulgor	°C	ASTM D 93	38 mín.	170,0	182,0	175,0	58,0
Água Sedimentos % (BSW)	%	ASTM D 93	0,05 máx	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Ponto de Congelamento	°C	ASTM D 97	N.A.	-8	-11	-3,00	<-9
Viscosidade à 40 °C	cSt	ASTM D 445	1,5 a 6,0	34,84	30,6	4,61	2,427
Ester	%	Infravermelho	N.A.	20,132	21,271	28,978	-
Aromáticos Totais	%	Infravermelho	N.A.	0,99	3,34	0,00	4,14
Olefinas Totais	%	Infravermelho	N.A.	33,53	25,31	31,51	3,62
Benzeno	%	Infravermelho	N.A.	0,03	0,03	0,05	0,06
Tolueno	%	Infravermelho	N.A.	15,29	10,77	13,45	1,81
Glicerol	%	Infravermelho	N.A.	0,72	0,849	4,204	-
Corrosividade ao Cobre		ASTM D 130	N.A.	1A	1A	1A	1A
Água por Karl Fischer	PPM	ASTM D 130	200,0 máx.	487,50	650,10	296,00	48,97

Fonte: Os autores, 2022.

Legenda: L.I.I. – Límpido e Isento de Impurezas; N.A. – Não aplicável





Dentre as características apresentadas, algumas foram similares, como aspecto, cor, água e sedimentos. Outras características possuem notáveis as diferenças quando comparadas, especialmente em relação do diesel com as outras análises.

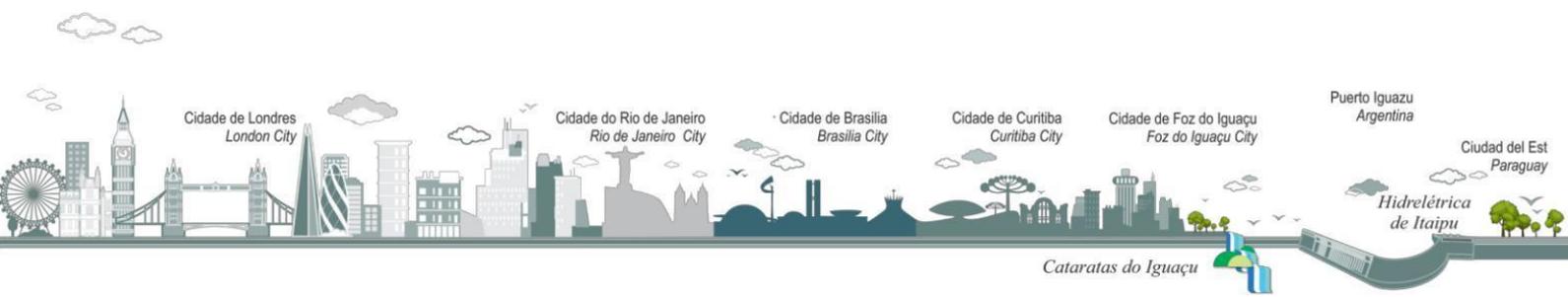
Uma das dissemelhanças é o ponto de congelamento. Apesar de parecer apenas poucos graus de diferença, pode ser crucial em locais frios, onde o biodiesel poderia congelar, enquanto o diesel ainda estaria no estado líquido.

Outra grande diferença é a viscosidade cinemática, apresentando quase o dobro do valor para o biodiesel em relação ao diesel. Como anteriormente dissertado no trabalho, esse aspecto faz com que as gotículas na combustão se apresentem maiores, possivelmente reduzindo a potência de combustão. Além disso, o ponto de fulgor é consideravelmente menor. O diesel ainda demonstrou ausência de ésteres e glicerol, e menores quantidades de tolueno e olefinas, e maiores quantidades de aromáticos, que são tóxicos, em relação aos produtos da soja.

Ao comparar o óleo de soja extravirgem com o óleo de soja refinado, nota-se que o primeiro possui ponto de congelamento e viscosidade cinemática um pouco maior e maiores índices de olefinas e tolueno. Apresenta menor ponto de fulgor, aromáticos, glicerol e água. Os outros índices foram similares.

Por fim, estabelece-se a relação do óleo de soja refinado com o biodiesel produzido por ele. O óleo antes da transesterificação apresentou maior massa específica, ponto de fulgor e aromáticos, e água e viscosidade cinemática muito maiores, índices cruciais a se reduzir pelo processo. Possui menor ponto de congelamento (necessitando de temperaturas mais frias para congelar), ésteres, olefinas, benzeno, tolueno e glicerol.

Também se verificam os índices comparados às especificações. Todas as características estão dentro dos padrões, exceto, no caso dos produtos do óleo da soja, a massa específica, que se apresentou em valores um pouco maiores que o esperado, como a água pelo método de Karl Fischer. Acredita-se que a massa específica apresentou esses valores devido a maior presença de água, e essa presença de água possivelmente se deu devido ao processo de resfriamento e envasilhamento do óleo terem sido realizados em dias úmidos e chuvosos.





CONCLUSÃO

O trabalho demonstrou significativas diferenças físico-químicas ao comparar o óleo de soja extravirgem e refinado, o biodiesel de óleo de soja refinado e o diesel advindo do petróleo. As disparidades mais notáveis foram a viscosidade do biodiesel ser 90,5% maior que a do diesel, o ponto de fulgor do diesel ser 117 °C inferior ao do biodiesel, e o ponto de congelamento do biodiesel ser pelo menos 6 °C ao do diesel, corroborando com a importância de misturar o diesel ao biodiesel, para uma melhor combustão e ponto de congelamento inferior. Também se nota que pelo processo de transesterificação, a viscosidade do óleo de soja refinada reduziu em 84,93%, comprovando a eficácia e importância do procedimento.

Sugere-se que seja realizada a combustão do biodiesel em diversas blendas em um motor ciclo Diesel ou caldeira ciclo Rankine e mensurados os gases resultantes e energia convertida. Sugere-se que seja realizado trabalho similar, utilizando outras culturas como matéria prima.

AGRADECIMENTOS: Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura (PPGEA), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Laboratório de Tecnologias Sustentáveis (LabTES), e ao Laboratório Pool Lab.

REFERÊNCIAS

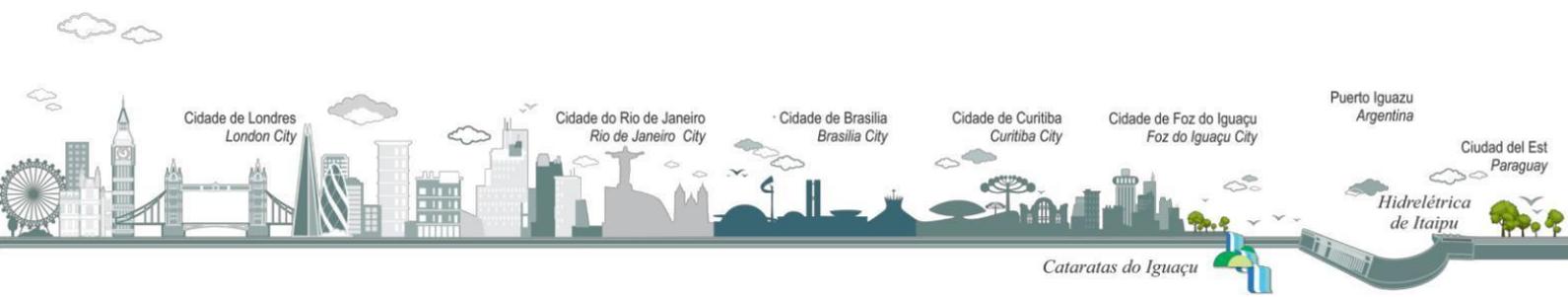
BHARTI, M. K.; CHALIA, S.; THAKUR, P. Nanoferrites heterogeneous catalysts for biodiesel production from soybean and canola oil: a review. **Environ Chem Lett**, v. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01247-2>

CÉSAR, A.; CONEJERO, M. A.; BARROS RIBEIRO, E. C.; BATALHA, M. O. Competitiveness analysis of "social soybeans" in biodiesel production in Brazil. **Renewable Energy**, v. 1, 2018. DOI: 10.1016/j.renene.2018.08.108

CHHABRA, M.; SHARMA, A.; DWIVEDI, G. Performance evaluation of diesel engine using rice bran biodiesel. **Egyptian Journal of Petroleum**, v. 12, 2017. DOI: 10.1016/j.ejpe.2016.07.002

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2022** - ano base 2021: Relatório síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2022.

KHIRAIYA, K.; RAMANA, P. V.; PANCHAL, H.; SADASIVUNI, K. K.; DORANEHGARD, M. H.; KHALID, M. Diesel-fired boiler performance and emissions measurements using a combination of diesel and palm biodiesel. **Case Studies in Thermal Engineering**, v. 32, 2021. DOI: 10.1016/j.csite.2021.101324





KNOTHE, G.; VAN GERPEN, J.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. **Manual de biodiesel**. Curitiba: Edgard Blücher, 2006.

LIMA, M.; SILVA JUNIOR, C. A.; RAUSCH, L.; GIBBS, H. K.; JOHANN, J. A. Demystifying sustainable soy in Brazil. **Land Use Policy**, v. 82, 2019. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.12.016

MWAURAH, P. W.; KUMAR, S.; KUMAR, N.; ATTKAN, A. K.; PANGHAL, A.; SINGH, V. K.; GARG, M. K. Novel oil extraction technologies: Process conditions, quality parameters, and optimization. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 1, 2019. DOI: 10.1111/15414337.12507

RONG, L.; CHEN, H.; YANG, Z.; YUAN, S.; ZHOU, X. Research status of soybean symbiosis nitrogen fixation. **Oil Crop Science**, v. 5, n. 1, 2020. DOI: 10.1016/j.ocsci.2020.03.005

TABATABAEI, M.; AGHBASHLO, M.; DEHHAGHI, M.; PANAH, H. K. S.; MOLLAHOSSEINI, A.; HOSSEINI, M.; SOUFIYAN, M. M. Reactor technologies for biodiesel production and processing: A review. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 74, n. 1, p. 239-303, 2019. DOI: 10.1016/j.pecs.2019.06.001

