

Produção de biodiesel como estratégia para o pequeno produtor

Biodiesel production as a strategy for small producer

Producción de biodiesel como estrategia para el pequeño productor

Recebido: 15/08/2022 | Revisado: 29/08/2022 | Aceito: 30/08/2022 | Publicado: 07/09/2022

Bárbara Zanini

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2622-5892>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: barbara_zanini@yahoo.com.br

Samuel Nelson Melegari de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3581-902X>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: samuel.souza@unioeste.br

Reginaldo Ferreira Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7745-9173>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: reginaldo.santos@unioeste.br

Jair Antonio Cruz Siqueira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8140-444X>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: jair.siqueira@unioeste.br

Ricardo Sonsim de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0390-9212>
Instituto Federal do Paraná, Brasil
E-mail: ricardo.oliveira@ifpr.edu.br

Cristiano Fernando Lewandoski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5944-5723>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: cristiano.lewandoski@unioeste.br

Rosália Aranha Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3040-0534>
Instituto Federal do Paraná, Brasil
E-mail: rosaliaranha@gmail.com

Resumo

A tendência de mudança da matriz energética com relação aos combustíveis do mundo direciona à necessidade de uma série de pesquisas que buscam a otimização do uso do biodiesel e das misturas de diesel-biodiesel das oleaginosas, como a soja e outras culturas. Este estudo teve como objetivo demonstrar a produção de biodiesel de óleo bruto de soja (extraído a frio) de uma prensa mecânica como estratégia para o pequeno produtor e avaliar o desempenho de um motor gerador, usando as misturas deste biodiesel e de diesel mineral. Foram utilizadas blendas de biodiesel de soja extraído a frio (10, 20, 40%) e de diesel mineral (90, 80, 60%) em uma carga resistiva menor e maior, com potência aproximada 4,6 kW e 1,6 kW respectivamente, aplicada ao motor gerador com a finalidade de avaliar o seu desempenho. O biodiesel produzido do óleo de soja extraído da prensa mecânica apresentou as especificações de acordo com as normas ANP. A avaliação da eficiência energética dos combustíveis, com o conjunto moto gerador da marca Branco modelo BD 4000, demonstrou variações no consumo, e a blenda com 20% de biodiesel de soja e com 80% de diesel mostrou redução no gasto de combustível e um bom rendimento do conjunto. Os resultados da pesquisa sugerem esta como sendo uma estratégia viável ao pequeno produtor.

Palavras-chave: Soja; Extrusora; Óleo de soja; Produtor rural.

Abstract

The trend of change in the energy matrix in relation to fuels, in the world, has led to the need for a series of researches, which seek to optimize the use of biodiesel and diesel-biodiesel blends of oilseeds, such as soybeans and other crops. This study aimed to demonstrate the production of biodiesel from crude soybean oil (cold extracted) from a mechanical press as a strategy for the small producer and to evaluate the performance of a generator engine, using the mixtures of this biodiesel and mineral diesel. Cold extracted soybean biodiesel blends (10, 20, 40%) and mineral diesel (90, 80, 60%) were used in a smaller and larger resistive load of approximately 4.6 kW and 1.6 kW respectively, applied to the generator engine in order to evaluate its performance. The biodiesel produced from soybean oil extracted from the mechanical press, presented the specifications in accordance with the ANP standards. The evaluation of the energy efficiency of the fuels, with the motor-generator set of the Branco brand, model BD

4000, showed variations in consumption, and the blend with 20% soybean biodiesel and 80% diesel showed a reduction in fuel consumption and a good set yield. The research results suggest this as a viable strategy for the small producer.

Keywords: Soybean; Extruder; Soybean oil; Rural producer.

Resumen

La tendencia de mudanza de la matriz energética con relación a los combustibles del mundo direcciona a la necesidad de una serie de investigaciones que buscan la optimización del uso de biodiesel y de mezclas de diesel-biodiesel de las oleaginosas, como la soja y otras culturas. Este estudio tuvo como objetivo demostrar la producción de biodiesel de aceite bruto de soja (extraído a frío) de una prensa mecánica como estrategia para el pequeño productor y evaluar el desempeño de un motor generador, usando la mezcla de este biodiesel y de diesel mineral. Fueron utilizadas blendas de biodiesel de soja extraído a frío (10, 20, 40%) y de diesel mineral (90, 80, 60%) en una carga resistiva menor y mayor, con potencia aproximada 4,6 kW y 1,6 kW, respectivamente, aplicada al motor generador con la finalidad de evaluar su desempeño. El biodiesel producido del aceite de soja extraído de la prensa mecánica presentó las especificaciones de acuerdo con las normas ANP. La evaluación de la eficiencia energética de los combustibles, con el conjunto moto generador de la marca Branco modelo BD 4000, demostró variaciones en el consumo, y la blenda con 20% de biodiesel de soja y con 80% de diesel mostró reducción en el gasto de combustible y un buen rendimiento del conjunto. Los resultados de la investigación sugieren esta como una estrategia viable para el pequeño productor.

Palabras clave: Soja; Extrusora; Aceite de soja; Productor rural.

1. Introdução

A matriz energética mundial atualmente é formada em sua maior parte pelos combustíveis fósseis, uma fonte de energia não renovável e altamente poluidora. No entanto, a tendência é que ela seja substituída gradualmente por fontes renováveis, e assim, estas fontes sustentáveis de energia, tornam-se cada vez mais importantes para sociedade (Carneiro et al., 2018).

O biodiesel é um biocombustível renovável e biodegradável, obtido geralmente pela transesterificação de materiais graxos (Simonelli et al, 2020). A maior parte do biodiesel utilizado no Brasil é feito de cana-de-açúcar e vem aumentando no decorrer dos anos. Sua produção registrou novo recorde de 6,4 bilhões de litros em 2020, 10% superior a 2019, principalmente devido ao aumento da demanda, pelo cronograma previsto na Resolução CNPE nº14/2020 que, em março de 2020, aumentou o percentual de biodiesel no diesel para 12% (EPE, 2020).

A produção de biodiesel tem uma significativa importância visto que este pode ser produzido por esta reação a partir do óleo das mais variadas culturas com sementes de plantas oleaginosas (Freitas et al., 2017). São variados os estudos que mostram as propriedades favoráveis dos óleos vegetais, como sua disponibilidade, renovabilidade, natureza líquida, alto poder calorífico, enquanto também há estudos que se concentraram em melhorar suas características para que seja mais viável seu uso como combustível, como alta viscosidade, menor volatilidade e outras propriedades que limitam seu uso (Silva & Freitas, 2008).

Ainda neste contexto, a comercialização do biodiesel foi alterada a partir de janeiro de 2022, momento em que os produtores e distribuidores passaram a negociar diretamente seu produto. Desta forma, torna-se mais acessível ao pequeno produtor adentrar neste mercado, principalmente porque o Brasil, além da cana de açúcar, é rico em produção de grãos oleaginosos das mais variadas espécies, viabilizando diversos estudos sobre a produção de biodiesel de óleos vegetais para uso como combustível em motores diesel. Entretanto, o custo de produção a partir de grãos, atualmente é maior e o balanço energético, mesmo que variando com o sistema de produção utilizado, é menos favorável em relação ao óleo diesel. Na Região Sul, para produção e uso de biodiesel, tem sido dada maior atenção às culturas da soja, girassol, canola e mamona (Silva & Freitas, 2008).

O Brasil atingiu o patamar de maior produtor mundial de soja, ultrapassando os EUA. Na safra 2017/2018, quando o Brasil estava em segundo lugar no ranking mundial, a cultura ocupava uma área de 33,89 milhões de hectares. Na safra

2021/2022 a área plantada foi de 39,196 milhões de hectares o que totalizou uma produção de 122,431 milhões de toneladas. A produtividade média da soja brasileira foi de 3.000 kg por hectare (Conab, 2022).

São vários os estudos na área de produção de biodiesel, com uso das mais variadas matérias primas, como alternativa futura de combustíveis no Brasil e no mundo. Em razão de sua importância na diversificação da matriz energética dos países, também são variadas as pesquisas realizadas para melhorar seu processo produtivo.

Os pesquisadores Fernandes et al. (2022), com o objetivo de compreender os fatores que influenciam na competitividade da produção de mamona destinada ao programa de biodiesel pelos agricultores familiares do município de Serra do Ramalho, no estado da Bahia, constataram que fatores ligados à má gestão das propriedades rurais e baixa organização produtiva dos agricultores familiares são os principais, inclusive os mesmos que influenciam na competitividade de outras culturas oleaginosas.

O cultivo das plantas com sementes oleaginosas é caracterizado como o maior negócio na economia brasileira e mesmo ele sendo de grande importância para economia mundial, são relativamente poucos estudos envolvendo soluções ou proposições para o produtor desses grãos. Além disso existem barreiras de comunicação entre os produtores rurais e pesquisadores do agronegócio, o que também buscou ser identificado no estudo feito por Bernardo et al. (2016). O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel no Brasil estimula que seja utilizado o método de transesterificação para produção de Biodiesel, que consiste na reação química de triglicerídeos (óleo), com álcoois (metanol ou etanol) na presença de um catalisador metóxido de sódio ou de potássio, e pode ser realizado pelo produtor rural.

Com isso, verifica-se a relevância dos estudos demonstrando a viabilidade da produção e uso dos produtos derivados dos grãos das culturas oleaginosas, com a utilização de prensas mecânicas extrusoras, de pequeno porte, que podem ser adquiridas por um valor acessível e utilizadas em pequenas propriedades, viabilizando e aperfeiçoando os meios para extrair a melhor qualidade das matérias primas advinda dos produtos ligados ao agronegócio e a subsistência segundo estudos de Bueno et al. (2019) e Lewandoski et al. (2021).

Assim, além do uso da prensa para produção dos produtos derivados dos grãos (farelo da semente para ser usada como ração e o óleo), a produção e uso do biodiesel pode se apresentar como uma alternativa que, sendo utilizado como biocombustível na propriedade, pode, além de reduzir os impactos causados pela emissão dos gases poluentes, se apresentar como uma alternativa para acesso à energia limpa para todos, em consonância respectivamente com os objetivos 13 e 07 das ODS (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável) da ONU (ONU, 2015).

É comum que os produtores que adquirem a prensa mecânica para moagem do grão de soja, o fazem para utilização do farelo de soja para trato do gado, e tratam o óleo como sendo um resíduo, não conhecendo as possibilidades de utilização do óleo, produto desta extração.

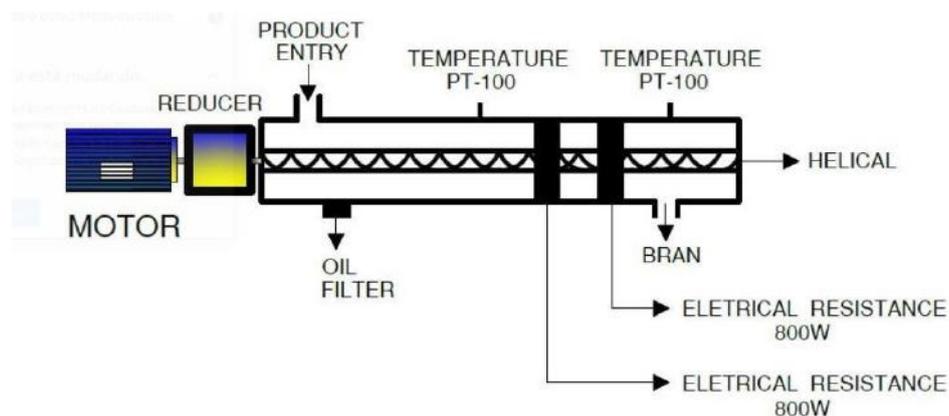
Neste contexto e justificativa, este estudo teve como objetivo demonstrar a produção de biodiesel de óleo bruto de soja extraído a frio, na prensa mecânica Z-1500, como estratégia para o pequeno produtor e avaliar o desempenho de um motor gerador, utilizando-se as misturas deste biodiesel e diesel mineral com a finalidade de demonstrar que este combustível pode ser usado na propriedade rural e se tornar uma alternativa viável ao pequeno produtor.

2. Metodologia

O estudo foi conduzido, inicialmente, no laboratório do CDTER – Centro de Desenvolvimento de Difusão Tecnológico de Energia Renovável, Laboratório da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste localizado no município de Cascavel, Paraná, Brasil, para etapa de extração do óleo virgem.

Nesta primeira etapa, utilizou-se da prensa mecânica Z-1500 de fabricação da empresa Galvão Insumos (ZAMP), com alimentação geral em 220 Vac trifásico, com um motor de 0,5 Cv para alimentação dos grãos SEW e o motor principal de 7,5 Cv SEW, com rotação máxima de 1800 rpm. Com tecnologia de automação 4.0 e esquema de funcionamento apresentado na Figura 1. No esquema podem ser identificados o local onde é colocado o grão de soja (*product entry*), onde sai o óleo extraído da semente (*oil filter*) e onde sai a massa, torta de soja (*bran*).

Figura 1 - Esquema de funcionamento da Prensa mecânica Z-1500



Fonte: Lewandoski, et al. (2021).

As propriedades do óleo bruto extraído na prensa mecânica Z-1500, por meio da prensagem do grão de soja, foram mensuradas no laboratório POOL LAB localizado no município de Cascavel, Paraná, Brasil, para caracterização dele antes da produção de biodiesel, verificando se ele estava de acordo com as características esperadas para um óleo, para que fosse utilizado, mesmo na sua forma *in natura*, extraído a frio, na produção de biodiesel. As características das análises são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Identificação das amostras e resultado das análises do óleo bruto de soja extraído na prensa mecânica Z-1500 (em triplicata), realizado no laboratório POOL LAB localizado no município de Cascavel, Paraná, Brasil.

| Identificação de amostras | | | |
|---|--------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Nº da amostra | 1 | 2 | 3 |
| Origem | Extração prensa Z-1500 | Extração prensa Z-1500 | Extração prensa Z-1500 |
| Produto | Óleo Bruto | Óleo Bruto | Óleo Bruto |
| Tipo de amostra | Virgem | Virgem | Virgem |
| Data amostragem | 09/06/2022 | 09/06/2022 | 09/06/2022 |
| Resultados de análises | | | |
| Aspecto visual | LII - Límpido e isento de impurezas. | LII | LII |
| Cor visual | Amarelo escuro | Amarelo escuro | Amarelo escuro |
| Densidade 20/4°C | 918.1 | 918.0 | 918.0 |
| Ponto de fulgor (°C) | 132 | 135 | 134 |
| Karl Fischer | 370.8 | 387.8 | 378.3 |
| Obs.: Karl Fischer nas análises estão fora do padrão (ASTM D 6304:350 mg/Kg máximo) | | | |

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

As características do óleo estavam conforme esperadas se apresentando na cor amarelo escuro, com média de densidade 918 Kg/m³ e ponto de fulgor em 134 °C. Na sequência, a partir do óleo bruto de soja, foi produzido o biodiesel B100 no laboratório do Instituto Federal do Paraná (IFPR), Campus Cascavel, seguindo-se a metodologia em cinco etapas: preparo da solução de metóxido de potássio (K (CH₃O)), reação de transesterificação, elaboração, lavagem e secagem do biodiesel.

A solução de metóxido de potássio foi preparada dissolvendo-se 1,5 g de hidróxido de potássio (KOH) em 35 mL de metanol (CH₃OH) com o auxílio de agitação e controle de temperatura (40 °C) até a completa dissolução de KOH. O volume de metanol e a massa de KOH para a reação de transesterificação têm por finalidade alcançar um melhor rendimento da produção do éster. A proporção de 1,5 g de KOH e 35% de metanol em relação a 100 mL de óleo foi utilizada pois, segundo estudos de Rabelo (2001), estas proporcionam o melhor rendimento da reação.

Em um balão de fundo chato (500 mL) foram adicionados 100 mL do óleo de soja (*in natura* obtido da prensagem mecânica do grão na prensa Z-1500). Esse material foi aquecido em banho-maria, sob agitação com o auxílio de uma barra magnética, até atingir a temperatura de 45 °C. Em seguida, foi adicionada a solução de K(CH₃O) anteriormente preparada, e a mistura reacional permanecendo por aproximadamente 10 min a 50 °C sob agitação até que ocorreu a completa reação de transesterificação.

Posteriormente, a mistura reacional foi transferida para um funil de separação permitindo a decantação e separação das fases: superior contendo biodiesel e inferior composta de glicerol, sabões, excesso de base e álcool. O tempo de espera para separação das fases foi de aproximadamente 15 min. A fase inferior foi recolhida em uma proveta de 50 mL e o volume obtido anotado.

Para lavagem, iniciou-se com 50 mL da solução aquosa de ácido clorídrico a 0,5% (v/v); em seguida, com uma lavagem com 50 mL de solução saturada de NaCl e, finalmente, com 50 mL de água destilada. A ausência do catalisador básico no biodiesel pode ser confirmada por meio da medida do pH da última água de lavagem, a qual apresentou-se neutra. Pós este procedimento foi feita a secagem do biodiesel em estufa a 105 °C por 24h. O biodiesel final mostrou-se como um líquido límpido de coloração amarela.

Na sequência para foram realizadas as análises das propriedades do biodiesel produzido a partir do óleo de soja virgem, extraído a frio na prensa mecânica Z-1500 em acordo com os parâmetros da norma da ANP. Também foram analisadas amostras do diesel mineral, de Petróleo D100, para efeito de comparação e adequação da matéria. As análises foram realizadas no Laboratório de combustíveis POOL-LAB, no município de Cascavel, Paraná, Brasil, em triplicata.

Com o biodiesel produzido, foram feitas blendas de combustível líquido com o objetivo de testar o desempenho do motor, misturando-se o biodiesel de soja (B) ao Diesel mineral (D). Obteve-se as misturas conforme apresentado na Tabela 2 e foram utilizadas as respectivas nomenclaturas.

Tabela 2 – Sigla utilizada para representar a composição dos combustíveis utilizados no experimento.

| Nome | Composição |
|--------|--|
| B10D90 | Mistura de 10% de biodiesel e 90% diesel |
| B20D80 | Mistura de 20% de biodiesel e 80% diesel |
| B40D60 | Mistura de 40% de biodiesel e 60% diesel |
| D100 | 100% de óleo diesel mineral |

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Para o desenvolvimento da pesquisa, houve a necessidade de se utilizar um motor gerador e um banco de resistências. O Gerador utilizado foi da marca Branco, cujas características podem ser verificadas no catálogo da marca (Branco, 2020). O gerador operou com as proporções volumétricas entre o óleo diesel com biodiesel de soja, conforme apresentado na Tabela 2.

O ensaio utilizou um motor de 7,0 HP, com gerador elétrico acoplado de 3 kW e um sistema medidor dos parâmetros de consumo, apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Conjunto um sistema moto gerador do laboratório do CDTER, laboratório da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, localizado no município de Cascavel, Paraná, Brasil.



Fonte: Foto da autora no laboratório do CDTER da Unioeste (2022).

Para simular o consumo de energia elétrica, utilizou-se o banco de cargas resistivas que culminou em uma carga resistiva, que para este experimento foi denominada menor e maior, de potência aproximada 1,6 kW e 4,6 kW respectivamente, aplicada ao motor gerador, com tensão de alimentação de 220 V em corrente alternada.

Além disso, um visor que mostra instantaneamente a variação da massa de combustível, a Tensão (V), a Corrente (A), a Potência (W) e a Energia (kWh), conforme conjunto apresentado na Figura 2. Foram feitas cinco medições em cada potência utilizada e para cada blenda de combustível. Os resultados da queima das blendas foram anotados e compilados em tabelas, apresentadas nos resultados.

3. Resultados e Discussão

A prensagem de aproximadamente 5 kg de grãos de soja, na prensa mecânica Z-1500, resultou em aproximadamente 4 kg de torta de soja e extração de 1 litro de óleo. Resultados semelhantes descreveram Mandarino & Roessing (2001) afirmando

que para se conseguir uma tonelada de óleo bruto é necessário esmagar 5,263 t de soja grão, ou seja, em uma tonelada de soja contém aproximadamente 19% de óleo.

O óleo bruto extraído foi filtrado e visivelmente apresentou semelhança ao óleo extraído industrialmente, apenas apresentando uma coloração amarelo mais escuro, sendo que, verificou-se que as demais características, após análise prevista na metodologia, são estatisticamente iguais as do óleo comercial degomado.

O óleo foi utilizado para produção de biodiesel no laboratório do IFPR e enviado para análise no laboratório POOL LAB. A análise, demonstrou que as amostras se encontravam dentro do padrão para biodiesel de acordo com a especificação da ANP. Os resultados são apresentados, conforme os parâmetros avaliados, nas Tabelas 3 e 4:

Tabela 3 - Propriedades do biodiesel produzido a partir do óleo vegetal bruto (em triplicata), resultado da análise realizada no laboratório POOL LAB, localizado no município de Cascavel, Paraná, Brasil.

| Identificação de amostras | | | |
|--|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Nº da amostra | 4 | 5 | 6 |
| Origem | Óleo Bruto | Óleo Bruto | Óleo Bruto |
| Produto | B100 | B100 | B100 |
| Tipo de amostra | Com lavagem | Com lavagem | Com lavagem |
| Tipo de amostra | Com secagem | Com secagem | Com secagem |
| Tempo de secagem | 24h a 105° C | 24h a 105° C | 24h a 105° C |
| Data amostragem | 09/06/2022 | 09/06/2022 | 09/06/2022 |
| Resultados de análises | | | |
| Aspecto visual | LII - Límpido e isento de impurezas. | LII | LII |
| Cor visual | Amarelo | Amarelo | Amarelo |
| Densidade 20/4°C | 883.4 | 883.3 | 883.4 |
| Ponto de fulgor (°C) | 128 | 128 | 129 |
| Karl Fischer | 349.9 | 345.2 | 348,9 |
| Analista/visto | Rosália | Rosália | Rosália |
| Obs.: Amostras 4, 5 e 6 estão dentro do padrão para biodiesel de acordo com a especificação da ANP | | | |

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O biodiesel analisado no laboratório conforme dados apresentados na Tabela 3 mostrou resultados para as amostras de acordo com o padrão das especificações da ANP para biodiesel, sendo que os valores da densidade, ou massa específica, ficaram entre 850.0 e 900.0 Kg/m³ conforme norma ASTM D 4052. O ponto de fulgor mensurado foi maior que 100.0 °C que é o mínimo de acordo com a ASTM D 93 e o teor de água pelo método de Karl Fischer, segundo a ASTM D 6304, ficou abaixo de 350 mg/Kg, que é o máximo aceitável.

O procedimento de produção de biodiesel pode ser facilmente reproduzido em uma pequena propriedade rural com a aquisição dos reagentes, hidróxido de potássio (KOH) e metanol, em uma loja de produtos químicos ou mesmo pela internet e a adaptação dos procedimentos laboratoriais para ser feito na propriedade. Freitas et al. (2022), observaram que os catalizadores melhores para a reação de transesterificação, segundo a literatura pesquisada, são o hidróxido de potássio, hidróxido de sódio e o óxido de cálcio.

A análise do diesel puro, de origem Argentina, utilizado para composição das blendas, está apresentada na Tabela 4. As amostras obtiveram resultados de acordo com o padrão das especificações da ANP para diesel.

Tabela 4 - Propriedades do óleo diesel de petróleo D100 (em triplicata), resultado da análise realizada no laboratório POOL LAB, localizado no município de Cascavel, Paraná, Brasil.

| Identificação de amostras | | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| N° da amostra | 7 | 8 | 9 |
| Origem | Industrial da Argentina | Industrial da Argentina | Industrial da Argentina |
| Produto | D100 | D100 | D100 |
| Data amostragem | 09/06/2022 | 09/06/2022 | 09/06/2022 |
| Resultados de análises | | | |
| Aspecto visual | LII - Límpido e isento de impurezas. | LII | LII |
| Cor visual | Amarelo | Amarelo | Amarelo |
| Densidade 20/4°C | 881.9 | 882.0 | 881.9 |
| Ponto de fulgor (°C) | 139 | 142 | 141 |
| Karl Fischer | 281.0 | 283.7 | 289.1 |
| Analista/visto | Rosália | Rosália | Rosália |

Obs.: resultados estão de acordo com a especificação da ANP

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O biodiesel (B100) e o diesel (D100) foram utilizados para composição das blendas conforme apresentado na metodologia, para queima no motor e mensuração da análise do consumo específico e rendimento do moto gerador seguindo a ordem das resistências. O banco de baterias, acoplado ao motor, foi dimensionamento de acordo com as características de operação do moto gerador no que diz respeito às especificações do motor diesel e do gerador elétrico (Kolodyey & Schneider, 2015).

3.1 Consumo específico do moto gerador

O consumo específico do moto gerador teve o maior consumo no diesel D100 e o menor consumo na blenda B20D80, composta por uma mistura de 20% de biodiesel e 80% de diesel, tanto quando a carga utilizada foi a maior, quanto quando a carga aplicada foi a menor, conforme dados apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Consumo específico do conjunto moto gerador

| | Carga | Consumo específico (L/kWh) | | | |
|---------------|--------------|----------------------------|--------|--------------|--------|
| | | D100 | B10D90 | B20D80 | B40D60 |
| | | 0% | 10% | 20% | 40% |
| média | maior 4,6 kW | 0,464 | 0,445 | 0,425 | 0,428 |
| desvio padrão | maior 4,6 kW | 0,029 | 0,020 | 0,019 | 0,008 |
| média | menor 1,6 kW | 0,793 | 0,672 | 0,642 | 0,661 |
| desvio padrão | menor 1,6 kW | 0,058 | 0,051 | 0,059 | 0,072 |

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Umbelino et al. (2019) fizeram estudo semelhante, testaram o uso de diferentes proporções de etanol no biodiesel em um motor estacionário com o objetivo de avaliar o desempenho do moto gerador alimentado com diferentes concentrações de etanol no biodiesel e com diferentes cargas aplicadas. Eles verificaram que o aumento do percentual de etanol no biodiesel

aumentou o consumo horário até a carga de 1,5 kW, e que, aplicando-se uma carga de 2,0 kW, o consumo específico diminuiu nestas mesmas condições.

3.2 Rendimento do moto gerador

O moto gerador teve o menor rendimento no diesel D100 e o maior rendimento na blenda B20D80, composta por uma mistura de 20% de biodiesel e 80% de diesel, tanto quando a carga utilizada foi a maior, quanto quando a carga aplicada foi a menor, conforme dados apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Rendimento do conjunto moto gerador.

| | | Consumo específico (L/kWh) | | | |
|---------------|--------------|----------------------------|--------|-------------|--------|
| | | D100 | B10D90 | B20D80 | B40D60 |
| | Carga | 0% | 10% | 20% | 40% |
| média | maior 4,6 kW | 2,16 | 2,25 | 2,36 | 2,34 |
| desvio padrão | maior 4,6 kW | 0,14 | 0,10 | 0,11 | 0,04 |
| média | menor 1,6 kW | 1,27 | 1,49 | 1,57 | 1,53 |
| desvio padrão | menor 1,6 kW | 0,09 | 0,11 | 0,14 | 0,16 |

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Reis et al. (2013) avaliaram o uso do biodiesel de soja em diferentes concentrações em um motor de ciclo diesel sob diferentes demandas de cargas do motor e verificaram um aumento no consumo de combustível ao se aumentar a concentração de biodiesel na mistura e a carga aplicada no sistema. Também verificaram que, com o aumento da concentração de biodiesel na mistura, ocorreu aumento na eficiência do processo de combustão.

Gongora, et al. (2022) comparou o biodiesel de cártamo com o biodiesel comercial em termos de emissões e desempenho de um motor usando misturas de biodiesel, a comparação mostrou que o biodiesel de cártamo tem propriedades de combustível relativamente mais próximas às do biodiesel comercial do que às do óleo diesel.

Cártamo é uma outra cultura que também pode ser testada e utilizada na prensa para extração e utilização do óleo para produção de biodiesel. A potência do motor também foi menos afetada nos estudos de Gongora, et al. (2022), pelo aumento das cargas nele aplicadas e pelo aumento das misturas de biodiesel de cártamo em comparação com o biodiesel comercial.

Silveira et al. (2022) avaliaram o desempenho de um motor gerador operando com diesel e blendas de biodiesel. O biodiesel puro (B100) apresentou melhor eficiência energética que as misturas binárias utilizadas quando inserida a carga de 6,0 kW. Os resultados obtidos por eles demonstram que as misturas de biodiesel com o diesel convencional podem ser uma das possíveis soluções viáveis na substituição parcial do diesel mineral.

Caires & Simonelli (2021) simularam um crescimento da demanda de biodiesel de 2019 a 2050 de 150,63% para o B15, e de 229,73% para o B20 comprovando a necessidade da busca do Brasil por um combustível não-tóxico, biodegradável e renovável na sua matriz energética.

Desta maneira, o estudo do rendimento do moto gerador com as misturas de biodiesel é importante para serem conhecidas as necessidades e otimizada a utilização da energia.

3.3 Análise da utilização da prensa

O produtor rural de soja e criador de gado tem a possibilidade de adquirir a máquina para fazer o farelo (torta) de soja para alimentar seu gado e ter certeza da qualidade que este alimento tem, além de comercializar o óleo extraído desta prensagem.

No atual momento, mês de julho do ano de 2022, uma prensa mecânica modelo Z-1500 que foi usada neste estudo, ou outras semelhantes, custam em torno de R\$ 58.000,00 para aquisição, existindo diversos modelos e marcas no mercado brasileiro. Para aquisição, pode ser utilizada uma das linhas de financiamento do governo ou diretamente com a empresa com outras formas de pagamento. O prazo para entrega da máquina é em torno de 45 dias e ela tem garantia total de 12 meses. Seu funcionamento pode ser encomendado para qualquer voltagem e geralmente utiliza-se de um motor de 7,5cv.

A máquina tritura uma saca de soja (60kg) por hora e neste processo são produzidos 47 (quarenta e sete) quilos de farelo e 12 (doze) quilos de óleo. O valor da saca de soja varia muito, no entanto, considerando o valor atual de R\$ 175,00 e o valor de venda do óleo bruto *in natura* (R\$ 7,00/kg) e do farelo (R\$ 3,66/kg), valores obtidos com produtores da região que utilizam esta máquina e vendem estes produtos para as indústrias da região. Neste cenário, teríamos o valor final bruto, após a utilização da prensa, total de R\$ 256,00, sendo R\$ 84,00 do óleo e R\$ 172,00 do farelo. Assim, em torno de R\$ 81,00 reais de lucro líquido por saca de soja, ou seja, por hora. Tendo ainda que descontar os custos com funcionário e energia elétrica.

No entanto, considerando os custos envolvidos e o lucro líquido o benefício para o produtor, seria a utilização do próprio grão de soja a qualquer tempo para fabricação de farelo para o gado e do óleo na produção de biodiesel para utilização como combustível em suas próprias máquinas. Para isso ele poderia montar uma pequena usina de produção de biodiesel na sua propriedade adaptando os procedimentos descritos no estudo.

Considerando que há o fator de baixa organização produtiva dos agricultores familiares, e assim a necessidade de uma redefinição dos papéis dos atores envolvidos, o estímulo de boas práticas de gestão e investimentos para melhorar o nível tecnológico e de novas ideias (Fernandes et al., 2022).

O procedimento de produção de biodiesel pode ser facilmente reproduzido em uma pequena propriedade rural com a aquisição dos reagentes, hidróxido de potássio (KOH) e metanol, em uma loja de produtos químicos ou mesmo pela internet e a adaptação dos procedimentos laboratoriais para ser feito na propriedade.

O uso da prensa para extração de óleo de soja e aproveitamento para produção de biodiesel, proporcionaria ao pequeno produtor acesso a uma ração de qualidade garantida (farelo de soja) e a um combustível limpo e de baixo custo que pode ser utilizado de forma pura, em alguns tipos de maquinário agrícola, ou com um melhor rendimento, quando misturado ao diesel, conforme resultados apresentados na sessão seguinte.

A prensa mecânica é de fácil acesso e pode ser utilizada para moagem de quaisquer culturas oleaginosas e extração do óleo para produção de biodiesel. Freitas et al. (2022), analisaram 29 artigos publicados entre os anos de 2017 e 2021, que trataram sobre a produção de biodiesel a partir do óleo de soja, milho, girassol e canola por meio do processo de transesterificação. Eles descrevem sobre as metodologias empregadas e os resultados buscando identificar os fatores que interferem na produção do biodiesel. Eles observaram, por meio deste compilado da literatura, que o processo mais usado para síntese de biodiesel é o de transesterificação com metanol e que o rendimento varia de acordo com a matéria-prima utilizada, sendo que a soja se apresenta como mais eficiente pois por meio dele são obtidos os melhores resultados.

A viabilidade do cultivo de *Crambe abyssynica* para produção de biodiesel foi estudada por meio de vasta literatura por Queiroz et al (2021), eles demonstraram que, por possibilitar a redução de gases tóxicos e a reciclagem de nutrientes, a utilização de biodiesel trás benefícios aos produtores rurais.

Simonelli et al (2020) realizaram uma revisão da literatura buscando estudar as tecnologias desenvolvidas para o uso de cossolventes no processo de transesterificação, e concluíram que os cossolventes diminuem a resistência à transferência de massa entre o óleo e o álcool durante a reação química.

Galina et al. (2020) analisaram a influência das variáveis temperatura e tempo na produção do biodiesel via transesterificação direta de biomassa de microalgas da espécie *Nannochloropsis oculata*, identificando as condições que proporcionam rendimento máximo do extrato rico em biodiesel.

Carneiro et al. (2018), fizeram uma revisão de literatura sobre a produção de biodiesel a partir de microalgas, e descreve que elas são uma opção a ser considerada e aperfeiçoada para produção e utilização em escala comercial.

E neste sentido Caires & Simonelli (2021) fizeram um estudo buscando prever a quantidade de biodiesel que será demandada futuramente na busca por manter o balanço superavitário e auxiliar nas tomadas de decisões do setor.

Neste sentido, nota-se que é possível encontrar variados estudos e, utilizar-se das metodologias propostas, com matérias primas diversas, para além dos laboratórios, no dia a dia das propriedades rurais.

Com a utilização da soja pelo pequeno produtor na prensa, conforme propõe o presente estudo para produção de ração (farelo) e produção de biodiesel (a partir do óleo) em micro usinas, a demanda por esse combustível pode ser pulverizada e as necessidades das propriedades supridas com um menor custo.

4. Conclusão

O biodiesel obtido por meio do grão de soja na prensa mecânica, apresentou-se dentro dos padrões para biodiesel de acordo com a especificação da ANP.

Houve um consumo específico no moto gerador de 0,425 L/kWh e um rendimento de 2,36 kWh/L na blenda B20D80, quando a carga utilizada de 4,6 kW (maior), e para a mesma blenda composta por 20% biodiesel e 80% diesel, um consumo específico de 0,642 L/kWh um rendimento de 1,57 kWh/L quanto quando a carga aplicada foi a de 1,6 kW (menor).

Considerando as pesquisas no Brasil e no mundo que buscam estratégias à substituição da matriz energética, analisando em particular as oportunidades para o pequeno produtor no uso sustentável de oleaginosas produzidas no País, com foco na importância da diversificação no uso de produtos agropecuários e a agregação de valor para um agronegócio competitivo, conclui-se que o biodiesel de óleo bruto de soja extraído da prensa mecânica é uma estratégia viável ao pequeno produtor.

Agradecimentos

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Energética na Agricultura, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), LABTES - Laboratório de Tecnologias Sustentáveis, CAPES, Fundação Araucária, FUNDETEC, NIT - Centro de Inovação Tecnológica, POOL LAB e ZAAMP (Empresas parceiras do projeto).

Referências

Bernardo, C. H. C., Vieira, S. C., Lourenzani, A. E. B. S., Scalco, A. R. & Bernardo, R.. (2016). Mitigando as barreiras de comunicação entre pesquisador e produtor rural. *Estudos Sociedade e Agricultura*, 24(2), 545-568. <https://revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/776>.

Branco. (2020). *Catálogos de Produtos*. São José dos Pinhais. (catálogo comercial).

Bueno P.L., Lewandoski C. F., Santos R. F., Rodrigues H. V. & Batista J. A. (2019). Automação 4.0 de prensa extrusora e aplicação energética de óleo de linhaça *Revista Técnico-Científica CREA-PR*. Ed. Especial Fotovoltaica. <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/562>.

- Carneiro, G. A., Silva, J. J. R., Oliveira, G. de A., & Pio, F. P. B. (2018). Use of Microalgae for Biodiesel Production. *Research, Society and Development*, 7(5), e1075181. <https://doi.org/10.17648/rsd-v7i5.250>. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/250>.
- Caires, K. V. L., & Simonelli, G. (2021). Previsão da demanda brasileira de biodiesel utilizando redes neurais artificiais. *Research, Society and Development*, 10(5), e17410513381. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.13381> <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13381>.
- Conab. (2022). *Acompanhamento da Safra Brasileira*. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>
- Fernandes, F. M., Silva, M. S., Martins, L. O. S. & Freires, F. G. M. (2022). Agricultura familiar, biodiesel e competitividade: O caso do núcleo de produção de oleaginosas de Serra do Ramalho (BA). *Organizações Rurais & Agroindustriais*, [S. l.], 23, e1752. <http://www.revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/1752>.
- Freitas, S. G. D. de, Florindo, D. N. F., Rodrigues, M. M. da S., Mollo Neto, M., Oliveira, K. S. M., & Santos, P. S. B. dos. (2022). Produção de biodiesel a partir do óleo de soja, milho, girassol e canola por transesterificação: uma revisão sistemática. *Research, Society and Development*, 11(5), e33411527167. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27167>
- Freitas, V. F., Polycarpo, R. C., & da Silva, L. B. (2017). Participação da agricultura Familiar no Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel (PNPB) no período de 2008 a 2015. *Desenvolvimento Socioeconômico em Debate*, 3(2), 59-80. <https://doi.org/10.18616/rdsd.v3i2.4044>
- Galina, D., Benedito, V. M., Freitas, R. R. de, & Porto, P. S. da S. (2020). Análise da influência da temperatura e do tempo na transesterificação direta da *Nannochloropsis Oculata* para produção de biodiesel. *Research, Society and Development*, 9(7), e655974648. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4648>
- Gongora, B., de Souza, S. N. M., Bassegio, D., Santos, R. F., Siqueira, J. A. C., Bariccatti, R. A., Gurgacz, F., Secco, D., Tokura, L. K. & Sequinel, R. (2022). Comparison of emissions and engine performance of safflower and commercial biodiesels. *Industrial Crops and Products*, 179, p.e114680. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114680>. Acesso em jul. 2022
- EPE. *Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis 2020*. (2020). Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 12 ed. Brasília. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/analise-de-conjuntura-dos-biocombustiveis-2020>.
- Kolodyey, L. & Schneider, F. A. (2015). Dimensionamento de um sistema de carga e armazenamento de energia elétrica para teste de moto gerador alimentado com biodiesel. *Anais do EVINCI-UniBrasil*, 1(2), 174-174. <https://portaldeperiodicos.unibrazil.com.br/index.php/anaisvinci/article/view/486>.
- Lewandoski, C. F., Santos, R. F., Nascimento, A. B., Rodrigues, H. V. & Balena, F. L. C. (2021) Avaliação de proteína de torta de canola e amendoim em prensa extrusora automatizada variando a temperatura e a velocidade de rotação. *International Journal of Environmental Resilience Research and Science*, 3(2), 57 - 57. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/ijerrs/article/download/26540/19798>. Acesso em mai. 2022
- Mandarino, J. M. G., & Roessing, A. C. (2001). *Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos. Embrapa Soja-Documents* (Infoteca-e). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/462866/1/doc171.pdf>
- ONU. (2015) *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2015-2030*, Pacto Global. <https://www.pactoglobal.org.br/ods>.
- Queiroz, I. R., Costa, A. S. V. da, Almeida, I. C., Barros, G. F., Alves, W. M., Souza, M. C. de, Franco, M. L., Pompermyer, R. de S., Souza, A. O., & Ferreira, A. C. (2021). O biocombustível no Brasil: potencialidades da cultura do Crambe abyssinica para produção de biodiesel. *Research, Society and Development*, 10(5), e11510514618. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14618>
- Rabelo, I. D. (2001). *Estudo de Desempenho de combustíveis convencionais associados a biocombustível obtido pela transesterificação de óleo de frituras*. Tese de Doutorado. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Brasil.
- Reis, E. F. D., Cunha, J. P., Mateus, D. L., Delmond, J. G. & Couto, R. F. (2013). Desempenho e emissões de um motor-gerador ciclo diesel sob diferentes concentrações de biodiesel de soja. *Revista Brasileira de engenharia agrícola e Ambiental*, 17, 565-571. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000500015>
- Silva, P. R. F. Da & Freitas, T. F. S. de. (2008). Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. *Ciência Rural*, 38, 843-851. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000300044>
- Silveira, V. F., Siqueira, J. A. C., Santos, R. F., Caneppele, F. de L., Dieter, J., Prior, M., Tokura, L. K., Debastiani, G., Lewandoski, C. F. & Reis, L. da S. (2022). Diesel cycle generator engine assisted by industrial automation systems (Industry 4.0). *Research, Society and Development*, [S. l.], 11(1), e20611124699 DOI: 10.33448/rsd-v11i1.24699. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24699>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- Simonelli, G., Ferreira Júnior, J. M., Pires, C. A. de M., & Santos, L. C. L. dos. (2020). Produção de biodiesel utilizando cossolventes: uma revisão. *Research, Society and Development*, 9(1), e99911672 <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1672>
- Umbelino, A. da S., Sousa, L. J. M. P., Massola, M. P., Reis, E. F. dos & Alves, S. M. de F. (2019). Uso de diferentes proporções de etanol no biodiesel em um motor estacionário. *Revista Engenharia na Agricultura - REVENG*, [S. l.], 27(4), 321-329. <https://doi.org/10.13083/reveng.v27i4.919>