

## ESTUDO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO RESIDUAL DE ORIGEM ANIMAL E VEGETAL VIA TRANSESTERIFICAÇÃO

SEIDEL, Arthur Alfredo<sup>1</sup>

VEIGA, Bruno Aguiar<sup>2</sup>

GEREMIAS, Rodrigo<sup>3</sup>

SOARES, Fabiana Andreia Schäfer De Martini<sup>4</sup>

LEVANDOSKI, Muriel Speggorin<sup>5</sup>

### Resumo

A busca por novas alternativas de combustíveis ecologicamente corretas levou à sintetização do biodiesel. O processo de transesterificação química com catalisador básico é a principal maneira de se obter este combustível. O sebo bovino proveniente de descarte de açougues e frigoríficos possui baixo custo e pode ser matéria prima para a produção do biocombustível. Neste trabalho foram realizados experimentos com óleo vegetal usado e sebo bovino liquefeito afim de obter o biocombustível. Foram utilizados como catalisadores NaOH e KOH, como meio de reação os álcoois metanol e etanol, as temperaturas de aquecimento que foram entre 65 °C a 83 °C, e os tempos de aquecimento variaram entre 60 e 90 minutos. Obteve-se resultados de produção que variaram de 58,5 mL até 84,0 mL de biocombustível a partir de 100 mL de matéria prima graxa. Os melhores resultados foram obtidos com o óleo vegetal usado e mistura de óleo com sebo resultando em 84 mL e 82 mL de biodiesel respectivamente. Devido a isso, o estudo demonstra que com ajustes nos catalisadores e tempo de aquecimento existe a possibilidade de obtenção em quantia satisfatória de um combustível renovável através de resíduo pouco valorizado como o sebo bovino

Palavras-chave: Biocombustível. Sebo bovino. Sustentabilidade. Catasile Básica.

## 1 INTRODUÇÃO

Durante décadas, existe a premissa da necessidade de utilização de fontes renováveis para a obtenção de combustíveis, pois a utilização do petróleo gera efeitos negativos ao meio ambiente. Essa urgência surgiu a partir do momento das mudanças climáticas e, comprovadamente, um dos vilões ser a geração de CO<sub>2</sub> da combustão dos combustíveis derivados do petróleo, busca-se alternativas de combustíveis renováveis, como uso de : bateria, gás natural veicular, álcool e biodiesel.(SILVA,2011)

Wegner (2014), afirma que o termo biocombustível foi designado aos combustíveis líquidos, gasosos e sólidos que são produzidos a partir da integra ou resíduos de óleos e gorduras. Biocombustíveis, como o próprio nome sugere, são renováveis e biodegradáveis, sendo contemplada por empresas visionárias que buscam combustíveis ecológicos, que quase não prejudicam o meio ambiente. Uma das vantagens que motores com combustíveis à base de derivados de petróleo podem ser modificados facilmente para o funcionamento com biodiesel.

Segundo Uribe (2014), as fontes renováveis podem para obtermos biodiesel podem ser dos mais diversos tipos, sejam eles de origem vegetal, animal ou residual. Na escolha de uma fonte vegetal, destacam-se como matéria-prima as seguintes plantas oleaginosas: soja, algodão, palma, canola e girassol. Com relação à escolha de uma fonte animal, tem-se como matéria-prima o sebo, que pode ser aproveitado do abate bovino e suíno. Ramos et al. (2017), relatam que os óleos e gorduras residuais que são, comumente, utilizados para fritar alimentos, também podem ser destinados para a elaboração do biodiesel.

O sebo bovino está inserido na cadeia produtiva do mercado cárneo. Porém, e não menos importante, os subprodutos do abate bovino são insumos para outros processos, onde pode-se destacar: a pele que é transformada em couro; o osso do qual se produz farinha utilizada na ração animal; e o próprio sebo, sendo pouco valorizado, é utilizado em produtos de higiene e limpeza, bem como na produção de biodiesel. (MARTINS, 2011)

Segundo URIBE et al. (2014), fica comprovado que o sebo bovino é a matéria-prima mais economicamente viável para o processo de fabricação de biodiesel, devido ao seu baixo custo final.

Este trabalho estuda a sintetização de biodiesel através do processo de transesterificação em meio básico com álcoois de cadeia curta, utilizando como matéria prima sebo bovino e óleo vegetal visando avaliar o desempenho produtivo e analisar características físico-químicas.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 2.1.1 FONTES DE TRIGLICERÍDEOS

Foram utilizados como matéria prima, sebo bovino fresco, liquefeito através de aquecimento em fogo baixo para possibilitar o manuseio e retirada de partículas, proveniente de açougue localizado no município de Videira-SC e óleo de soja utilizado em fritura à aproximadamente uma semana, proveniente da residência do autor. Antes dos testes, os dois resíduos foram peneirados com auxílio de peneira doméstica simples para retirada de particular sólidas.

#### 2.1.2 METODOLOGIA DE ANÁLISES

Christoff (2006) explica que a transesterificação é a reação típica entre um lipídio com um álcool (metanol ou etanol) com a adição intencional ou não de um catalisador ácido ou básico, gerando ésteres como principais produtos e glicerol ou glicerina como co-produto. Como a reação é reversível, um excesso de álcool é geralmente preferido de modo a deslocar a reação no sentido dos produtos do que dos reagentes. Ainda dentro da proporção total de álcool utilizado na reação, diferentes proporções de etanol/metanol podem variar simultaneamente, variando as características do biodiesel

obtido e o rendimento da reação, permitindo uma tentativa de melhoria do processo.

Segundo Silva (2011) a catálise utilizada para transesterificação dos triacilgliceróis pode ser ácida, básica, homogênea, heterogênea ou enzimática. Na catalise homogênea, o catalisador está na mesma fase que os reagentes, já na heterogênea, o catalisador está em estado físico diferente do reagente. Comumente a catálise mais utilizada para óleos com baixos teores de ácidos graxos livres é o processo de transesterificação homogênea.

O planejamento experimental utilizado nos testes com óleo de soja usado, assim como as massas de reagentes, tempo e temperatura de aquecimento e processo de filtração foram embasados nos estudos de (DIB, 2010) e (FERNANDES et al., 2008, p. 04). Moraes (2008) coloca que para o sebo bovino, devido a característica da gordura, faz-se necessário ajustes nas massas dos reagentes e tempo de reação ilustrados na (Tabela 1).

Os valores mencionados na reação de produção do biodiesel partir de sebo bovino foram obtidos através de cálculos estequiométricos baseados nas massa molares médias dos ácidos graxos presentes na gordura animal neste caso, utilizou-se os dados de Tavares et al (2009) para o sebo bovino

Wegner (2014), destaca que os álcoois que são mais utilizados para a sintetização do biodiesel são os de cadeia curta, como o metanol e o etanol. Quanto aos catalisadores são os mais básicos, como o hidróxido de sódio (NaOH) ou de potássio (KOH).

O experimento consistiu em separar 100 mL do residual graxo escolhido em balão de 3 bocas, aquece-lo em sistema de refluxo até a estabilização da temperatura determinada. Neste ponto adicionou-se a base solubilizada em álcool na amostra com agitação magnética constante.

Segundo Krause (2008) a agitação deve ser intensa, para poder transferir quantidades de massa de triglicerídios do óleo para o metanol, pois a mistura da reação é heterogênea, consistindo em duas fases, nesse caso quanto maior a agitação maior a transesterificação de massa. Ao acrescentar a base ao sebo bovino derretido em um reator, após um tempo

de reação sem agitação nada ocorre, sugerindo a necessidade de agitação para a reação ter início.

Após decorrer o tempo necessário para a reação, transferiu-se a mistura para balão de decantação por 30 minutos afim de separar por gravidade a fase glicérica mais densa (escura) do biodiesel mais leve (claro).

No processo de purificação foram realizadas quatro lavagens da seguinte forma: adição da solução de lavagem no balão de decantação com agitação por 5 minutos, deixado em repouso por 15 minutos para separação da mistura por diferença de densidade e gravidade. Como solução de lavagem foram utilizadas as seguintes substâncias na ordem expressa a seguir : 25 mL de água destilada a 90°C, 10 mL solução HCl 0,5%, 50 mL solução NaCl e 50 mL de água destilada temperatura ambiente.

Caso a última água de lavagem não atingim  $\text{pH} = 7$  , repete-se o processo.

Foi realizado filtração em papel filtro com adição de sulfato de sódio sobre o papel para separação da água ainda presente na mistura.

O biodiesel gerado nos testes foi submetido a secagem em estufa a 105 °C por 12 horas para eliminação do residual de água na mistura.

### 2.1.3 ANÁLISES QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS

Foram medidos o volume e a massa dos produtos de cada resultado obtido afim de comparar a eficiência entre os testes, como também para o cálculo da densidade do biodiesel produzido.

Com intuito de se obter a densidade (g/mL) do biodiesel produzido, foi calculado a relação entre a massa (g) produzida dividido pelo volume (ml) medido com proveta.

A densidade do combustível, de uma maneira geral, influencia a partida e

pressão da injeção, além da pulverização do combustível, de modo a interferir no

desempenho do motor de combustão e na emissão de gases, pois altas densidades podem gerar fumaça negra e emissão excessiva de material particulado (BAHADUR et al., 1995).

Realizou-se a avaliação visual para determinação de impurezas em suspensão, sedimentos e turvação no biodiesel.

Também foi efetuado o teste de combustão embebendo chumaço de algodão com biodiesel dentro de cadinho e dando início a queima.

## 2.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na (Tabela 2) encontra-se expresso os resultados de massa, volume e densidade dos biodieseis obtidos nos testes realizados em laboratório.

No experimento 1 e 2 obtivemos respectivamente 84 mL e 80 mL de biodiesel com densidades de 0,8421 g/mL e 0,8425 g/mL. Mancio (2011), explica que utilizar o óleo de cozinha residual é uma alternativa frente ao óleo virgem vegetal na produção de biodiesel, pois envolve um custo mais acessível, que o valor do óleo in natura. Os valores de densidade obtidos estão dentro da normalidade para o biodiesel proveniente de óleo de soja usado (CAVALCANTE, 2010)

Soares (2009, p. 62), destaca que a catálise é de grande relevância para potencializar a velocidade da reação de transesterificação, levando ao estudo para novos catalisadores. Porém, os mais efetivos são os homogêneos KOH e NaOH, que, em baixa escala é possível sua utilização.

Christoff (2006, p. 35), sintetiza o processo geral utilizado em laboratório, que para produzir biodiesel, envolve a secagem e a filtração do óleo residual de fritura, o mesmo adotado nesse estudo, e com a adição da mistura do álcool etílico anidro com o catalisador NaOH, ocorrendo a reação de transesterificação, a "separação entre a fase rica em ésteres e a fase rica em glicerina e a lavagem do biodiesel".

As amostras não apresentaram partículas em suspensão nem depósito residual de fundo representados na (Foto 1).

Os testes de queima se apresentaram satisfatórios sem dificuldades para iniciar a ignição do combustível e apresentando chama constante retratados na (Foto 2).

Nos testes 3, 4 e 8 durante a primeira etapa de lavagem com água ocorreu reação de emulsão devido a presença de excesso de álcool, não ocorrendo a decantação desejada da água, ficando a mistura em apenas uma fase.

A saponificação é um problema durante o processo de obtenção do biodiesel, pois além do consumo dos hidróxidos implica também em uma maior emulsificação entre os ésteres e o glicerol, dificultando a separação de ambos através da decantação. Algumas vezes é necessário tratar a matéria prima para reduzir o número de ácidos graxos para prosseguir a produção através da transesterificação alcalina. (SILVA, 2011)

Brandão et al. (2006), observa que o rendimento em massa do biodiesel puro diminui proporcionalmente com a adição além do necessário de etanol na mistura. A razão disso ocorrer é que o biodiesel se perde durante o processo de lavagem.

Wegner (2014), relata que dentre os obstáculos apresentados nesse procedimento, é a catálise alcalina que requer condições anidras muito rígidas, pois a presença de água favorece o surgimento de emulsão, como o ocorrido durante esse teste, podendo ocorrer a formação de sabão se a concentração de catalisador ou álcoois for maior que o necessário.

Nas análises 5, 6 e 7 não ocorreu reação de transesterificação. Nos casos 5 e 6 esse fator é atribuído a baixa quantia de metanol utilizado. Já no caso 7, erroneamente foram utilizados os dados de (DIB, 2010) e (FERNANDES et al., 2008, p. 04) para óleo vegetal usado, na produção com o resíduo de sebo bovino.

Nos ensaios 9,10 e 11 foi produzido respectivamente 58,5 mL, 64,0 mL e 82,0 mL apresentando densidades de 0,81 g/mL, 0,86 g/mL e 0,85 g/mL. Cavalcante (2010), traz que os valores normais para densidade de biodiesel em temperatura ambiente, obtidos a partir de sebo bovino ficam na casa dos 0,859 g/mL a 0863 g/mL.

Importante destacar que a catálise, para que a reação funcione adequadamente com o solvente metanol, deve os reagentes envolvidos para obter a melhor eficiência de biodiesel e seu co-produto – a glicerina, estar sob aquecimento a 65°C por 90 minutos (RUSCHEL et al., 2016).

Observamos que o biodiesel proveniente de sebo e mistura com sebo apresentou coloração mais intensa em comparação ao produzido somente com óleo vegetal. (Foto 1)

O (Gráfico 1) apresenta o comparativo entre os 5 testes que obtivemos biodiesel com s dados de volume e massa de biocombustível e a produção de glicerina. Nota-se que nos testes com sebo bovino o volume de glicerina produzido foi maior em comparação ao óleo usado.

Durante o teste de combustão os itens 10 e 11 apresentaram as mesmas características de queima do item 1 e 2. O item 9 teve dificuldades para iniciar a combustão, produziu uma chama menos intensa (Foto 2)

O biodiesel de sebo bovino indica também outra vantagem em relação aos de origem vegetal. Uma das características vantajosas é o alto valor calorífico e o alto número de cetanos e aumento da estabilidade à oxidação pela maior quantia de oxigênio presente. No que se diz respeito ao número de cetano, o mesmo mede a qualidade de combustão do combustível, quanto maior for o número melhor será a combustão. Valores baixos podem formar depósitos e desgastes no motor (URIBE, 2014.)

### 3 CONCLUSÃO

O processo de transesterificação requer exatidão nas metodologias utilizadas pois é uma reação sutil. O controle no aquecimento, a velocidade de agitação, as massas de catalisador e álcool são fatores fundamentais que se não seguidos rigorosamente podem apresentar resultados não satisfatórios

Com o que foi aplicado nos experimentos, percebe-se que os melhores resultados foram os testes 1 e 11. No teste 1 utilizamos o óleo vegetal usado com catalisador KOH e metanol resultando 84 mL de biocombustível a partir de 100 mL, já no teste 11 utilizando mistura de metade sebo bovino e metade

óleo vegetal usado juntamente com catalisador KOH e metanol obtivemos 82 mL de biodiesel.

Há grandes quantidades de óleos e gorduras de baixo custo como gordura animal e resíduo de restaurantes que podem ser convergidos em biodiesel. O biocombustível de sebo bovino apresentou características analisadas muito similares ao de óleo vegetal usado. Em comparação a outras fontes renováveis para produção de biodiesel o sebo possui maior número de cetanos, leva mais tempo para oxidar e possui valor mais acessível a compra, logo, o sebo bovino também é uma opção para a produção de biodiesel.

### REFERÊNCIAS

- BAHADUR, N. P., BOOCOOCK, D. G. B., KONAR, S. K. "Liquid Hydrocarbons from Catalytic Pyrolysis of Sewage Sludge Lipid and Canola Oil: Evaluation of Fuel Properties. *Energy & Fuels*", v. 9, p. 248-256, 1995
- BRANDÃO, K. S. R.; SILVA, F. C.; NASCIMENTO, U. M.; SOUSA, M. C.; MOUZINHO, A. M. C.; SOUZA, A. G.; CONCEIÇÃO, M. M.; MOURA, K. R. M. Produção de Biodiesel por Transesterificação do Óleo de Soja com Misturas de Metanol-Etanol. *Biodiesel – O novo combustível do Brasil, Maranhão*, p. 141-146, 2006. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Transesterifica%25E7%25E3o+1\\_000g76oadw902wx5ok0wtedt36958h0l.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Transesterifica%25E7%25E3o+1_000g76oadw902wx5ok0wtedt36958h0l.pdf)>. Acesso em: 01 nov. 2021.
- CATARINO, Mónica Inês Mendes. Produção de biodiesel a partir de óleos usados e gordura de origem animal. Catálise básica heterogénea. [Dissertação de Mestrado]. Lisboa/Portugal: ISF, 2017. Disponível em: <[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjP86HDst\\_0AhUPrJUCHW3YCi4QFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Ffenix.tecnico.ulisboa.pt%2FdownloadFile%2F1689244997257353%2FThesis.pdf&usq=AOvVaw32u0hu\\_DVTgOtgQuJDu5-->](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjP86HDst_0AhUPrJUCHW3YCi4QFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Ffenix.tecnico.ulisboa.pt%2FdownloadFile%2F1689244997257353%2FThesis.pdf&usq=AOvVaw32u0hu_DVTgOtgQuJDu5-->)>. Acesso em: 01 nov. 2021.
- CAVALCANTE, Raquel M. C. "Predição da densidade de biodiesel proveniente de diferentes matérias primas". [Dissertação de Mestrado]. Rio de Janeiro/RJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://epqb.eq.ufrj.br/download/predicao-da-densidade-de-biodiesel.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2021
- CHRISTOFF, Paulo. Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial. Estudo de caso: Guaratuba, litoral Paranaense. [Dissertação de

Mestrado]. Curitiba/PR: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2006. Disponível em: <<https://lactec.org.br/wp-content/uploads/2021/05/003-Dissertacao-Paulo-Christoff.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2021.

DIB, Fernando Henrique. Produção de biodiesel a partir de óleo residual reciclado e realização de testes comparativos com outros tipos de biodiesel e proporções de mistura em um moto-gerador. [Dissertação de Mestrado]. Ilha Solteira/SP: Universidade Estadual Paulista "Júlio DE Mesquita Filho", 2010. Disponível em: <<https://condor.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/nuplen/producao-de-biodiesel-a-partir-de-oleo-residual-reciclado-e-realizacoo-de-testes-comparativos-com-outros-tipos-de-biodiesel-e-proporcoes-de-mistura-em-um-moto-gerador.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2021.

FERNANDES, Roberto Klecius Mendonça; PINTO, Janete Maria Barreto; MEDEIROS, Otoniel Marcelino de; PEREIRA, Cinthia de Araújo. Biodiesel a partir de óleo residual de fritura: Alternativa energética e desenvolvimento sócio-ambiental. XXVIII Encontro nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, p. 1-10, 2008.

LUCENA, Izabelly Larissa. Otimização do processo de obtenção de biodiesel através da adsorção de água formada durante a reação de esterificação. [Dissertação de Mestrado]. Fortaleza/CE: Universidade Federal do Ceará, 2008. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/15747>>. Acesso em: 01 nov. 2021.

MORAES, Maria S. A. "Biodiesel de sebo: Avaliação de propriedades e testes de consumo em motor a diesel". [Dissertação de Mestrado]. Porto Alegre/RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/14351/000653546.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 01 nov. 2021.

RAMOS, L. P.; KOTHE, V.; CÉSAR-OLIVEIRA, M. A. F.; MUNIZ-WYPYCH, A. S.; NAKAGAKI, S.; KRIEGER, N.; WYPYCH, F.; Cordeiro, C. S. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. Rev. Virtual Quim., 9 (1), 317-369, 2017. Disponível em: <[https://rvq.sbgq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=700](https://rvq.sbgq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=700)>. Acesso em: 01 nov. 2021.

RUSCHEL, Carla F. C.; FERRÃO, Marco F.; SANTOS, Francisco P. dos; SAMIOS, Dimitrios. Otimização do processo de transesterificação em duas etapas para produção de biodiesel através do planejamento experimental Doehlert. Quim. Nova, Vol. 39, No. 3, p. 267-272, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/srmTMrq4dNvsBZCNbMg774d/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 01 nov. 2021.

SILVA, Tatiana Aparecida Rosa da. "Biodiesel de óleo residual: Produção através da transesterificação por metanólise e etanólise básica, caracterização físico-química e otimização das condições reacionais". [Tese

de Doutorado]. Uberlândia/MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/17506>>. Acesso em: 01 nov. 2021.

SOARES, Ana Brígida. Síntese, caracterização e avaliação na obtenção de biodiesel de catalisadores de CaO E SnO<sub>2</sub> suportados em cinzas de casca de arroz. [Tese de Doutorado]

Sobre o(s) autor(es)

<sup>1</sup>Granduando em Engenharia Química pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; arthur77seidel@gmail.com

<sup>2</sup>Doutorando em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Paraná, Mestre em Química pela Universidade Federal do Paraná, Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Paraná; ba.veiga@gmail.com

<sup>3</sup>Doutorando em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Paraná, Mestre em Química pela Fundação Universidade Regional de Blumenau, Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Paraná; Professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina; rodrigo.geremias@unoesc.edu.br.

<sup>4</sup>Doutora em Ciências dos Alimentos, Docente e Pesquisadora da Universidade do Oeste de Santa Catarina;

fabiana.soares@unoesc.edu.br

<sup>5</sup>Granduanda em Engenharia Química pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; murielpeggiorin@gmail.com

Tabela 1- Planejamento experimental das análises

Ensaio	Resíduo Graxo	Volume (mL)	Base	Mas. Base (g)	Álcool	Vol. Álcool (mL)	Temperatura (°C)	Tempo (min)
1	Óleo Vegetal	100	KOH	0,73	Metanol	20,0	68,0	60
2	Óleo Vegetal	100	NaOH	0,72	Metanol	20,0	68,0	60
3	Óleo Vegetal	100	KOH	0,72	Etan/Metan	10,0/24,6	68,0	60
4	Óleo Vegetal	100	NaOH	0,71	Etan/Metan	10,0/24,6	68,0	60
5	Óleo Vegetal	100	KOH	0,71	Etan/Metan	10,0/14,5	68,0	60
6	Óleo Vegetal	100	NaOH	0,72	Etan/Metan	10,0/14,5	68,0	60
7	Sebo bovino	100	KOH	0,73	Metanol	20,0	68,0	60
8	Sebo bovino	100	KOH	0,72	Metanol	20,0	83,0	60
9	Óleo/Sebo	50/50	KOH	0,71	Metanol	20,0	75,0	60
10	Sebo bovino	100	KOH	1,77	Metanol	22,1	65,0	90
11	Óleo/Sebo	50/50	KOH	1,22	Metanol	21,0	65,0	90

Fonte: O autor 2021.

Tabela 2 - Resultados obtidos nos testes

Ensaio	Vol. Bio (mL)	Mas. Bio (g)	$\rho$ Bio. (g/ml)	Glicerina (mL)
1	84,0	71,16	0,842	15,0
2	80,0	67,40	0,843	17,5
3	*	*	*	29,0
4	*	*	*	29,0
5	*	*	*	*
6	*	*	*	*
7	*	*	*	*
8	*	*	*	16,0
9	58,5	47,52	0,812	13,0
10	64,0	55,50	0,860	35,0
11	82,0	69,80	0,851	20,0

Fonte: O autor, 2021.

Foto 1 - Aspecto físico do Biodiesel gerado nos testes



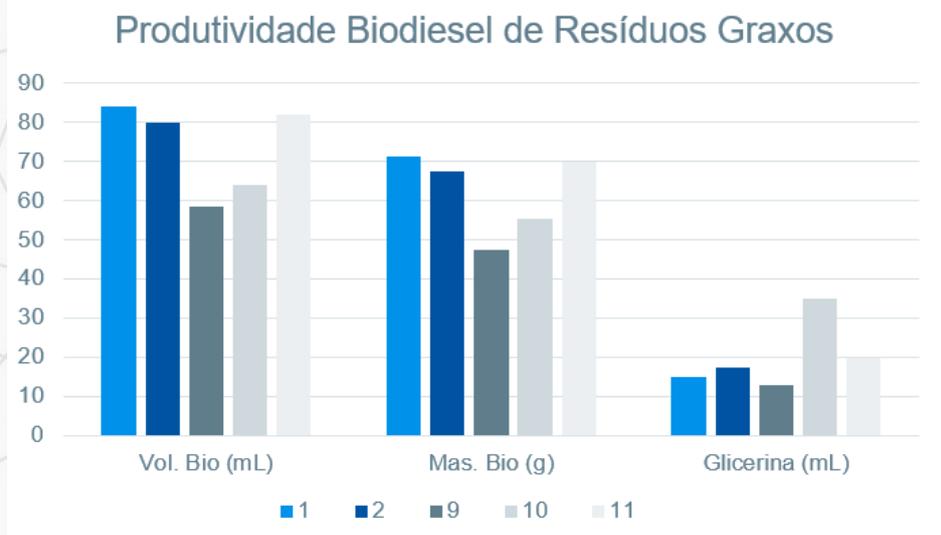
Fonte: O autor, 2021.

Foto 2 - Teste de Combustão biodiesel



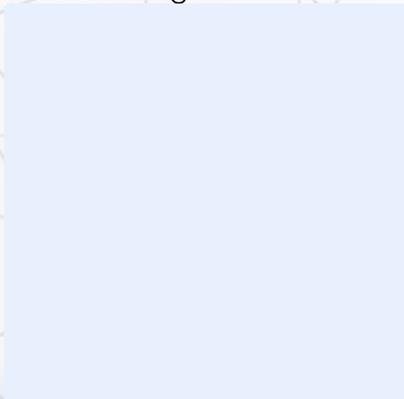
Fonte: O autor, 2021.

Gráfico 1 - Comparativos entre resultados da produção de biodiesel



Fonte: O autor, 2021.

Título da imagem



Fonte: Fonte da imagem