

PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEOS DE FRITURAS RESIDUAIS UTILIZANDO A TRANSESTERIFICAÇÃO ETÍLICA BÁSICA

PEREIRA, Patrícia Honorato¹

BARCELOS, Rosimeire Coura²

RESUMO

O óleo residual de fritura, quando descartado incorretamente, causa sérios danos ambientais, tais como o entupimento de tubulações, a impermeabilização do solo e a contaminação da água. São estudadas anualmente diversas formas de reutilização e aplicações deste resíduo, onde se destaca a produção do biodiesel. O presente trabalho questionou: óleos residuais de diferentes tipos são viáveis para a produção de biodiesel? A origem do óleo afeta a sua qualidade e a quantidade gerada? Partiu-se das seguintes hipóteses: (i) os diferentes óleos resultam na formação do biodiesel, (ii) as características das matérias-primas influenciam na quantidade de biodiesel e de subproduto gerado e (iii) na qualidade e características físico-químicas do biodiesel. Neste trabalho, foi proposta a produção do biodiesel empregando-se três fontes de óleos residuais de frituras (peixe, batata e carne vermelha) como matérias-primas, além do óleo de soja virgem. Fez-se a transesterificação dos óleos a partir da rota etílica e catálise alcalina, empregando-se etanol 45% (v/v) em relação ao óleo residual, temperatura reacional de 50 °C, hidróxido de sódio (NaOH) 1,0% (m/m) em relação ao óleo e tempo de reação de 45 minutos, sob agitação. Os óleos e as amostras de biodiesel foram caracterizados pela análise de seus índices de acidez (IA), de acordo com as especificações de qualidade da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A origem e a qualidade da matéria-prima são importantes para a obtenção satisfatória do biodiesel, sendo que os melhores resultados foram obtidos utilizando-se o óleo de soja e o óleo residual de batata, com rendimentos de 95,0% e 91,4%, respectivamente. Os valores de IA das amostras de biodiesel estavam de acordo com as especificações da ANP. Esse estudo demonstrou uma possibilidade concreta da utilização de óleos de fritura residuais como matérias-primas para a obtenção de biodiesel.

Palavras-chave: Biodiesel. Óleo residual. Transesterificação.

ABSTRACT

Residual frying oil, when disposed of incorrectly, causes serious environmental damage, such as pipe clogging, soil waterproofing and water contamination. Several forms of reuse and applications of this residual oil are studied annually, with emphasis on the production of biodiesel. The present study questioned: are residual frying oil different types viable for the production of biodiesel? Does the origin of the oil affect its quality and the quantity generated? The following assumptions were made: (i) the different oils result in the formation of biodiesel, (ii) the characteristics of the starting materials influence the amount of biodiesel and by-product generated and (iii) the quality and physicochemical characteristics of the biodiesel. In this research, the production of biodiesel was proposed using three sources of residual frying oils (fish, potatoes and red meat) as starting materials, in addition to soybean oil. The oils were transesterified from the ethyl route and alkaline catalysis, using 45% ethanol (v/v) in relation to the residual oil, reaction temperature of 50 °C, sodium hydroxide (NaOH) 1.0% (m/m) in relation to the oil and reaction time of 45 minutes, under stirring. The oils and the biodiesel samples were characterized by the analysis of their acidity indexes (IA), according to the quality specifications of the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP). The origin and quality of the starting material are important for satisfactory biodiesel production, and the best results were obtained using soybean oil and potato residual oil, with

¹ Graduanda em Biotecnologia Faculdade Ciências da Vida
email: patriciahonorato7l@gmail.com

² Doutora em Química Orgânica pela Unicamp. Pós-doutora pela UFMG, Unicamp e Universidade de Oxford
email: rosicbarcelos@gmail.com

yields of 95.0% and 91.4 %, respectively. The AI values of the biodiesel samples were in accordance with the ANP specifications. This study demonstrated a concrete possibility of using residual frying oils as raw materials for obtaining biodiesel.

Keywords: Biodiesel. Residual oil. Transesterification.

1 INTRODUÇÃO

A produção de biocombustíveis a partir de óleos vegetais vem sendo estudada com bastante frequência nas últimas décadas (FERNANDES *et al.*, 2018). Alguns países, inclusive o Brasil, criaram programas estimulando a utilização de biocombustíveis adicionando mais matrizes energéticas, com destaque para o biodiesel, que apresenta propriedades físico-químicas semelhantes ao diesel e pode ser utilizado em qualquer concentração na mistura com o óleo diesel. Além disso, o biodiesel é biodegradável, renovável e não corrosivo, tem uma baixa taxa de poluição por não possuir compostos do elemento enxofre, o causador do aquecimento global, efeito estufa e chuva ácida (COSTA, 2017).

Quimicamente, o biodiesel pode ser definido como um éster monoalquílico obtido por meio da reação de transesterificação catalisada dos triacilglicerídeos, presentes em óleos e gorduras (PELISSON, 2008). Nesta reação utiliza-se um álcool de cadeia pequena, geralmente metanol ou etanol, na presença de um catalisador ácido ou básico, com formação do éster de interesse e glicerina como subproduto (RAMOS *et al.*, 2003).

O biodiesel é um biocombustível derivado de vegetais oleaginosos, como os provenientes da mamona, dendê, girassol, canola, gergelim, soja, amêndoas ou polpas, mas também pode ser originado de matérias-primas como gorduras animais e óleos residuais descartados pelas cozinhas residenciais e industriais. O biodiesel pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções, substituindo total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores automotivos ou estacionários (STOCKER *et al.*, 2016).

Além de ser um produto completamente renovável, o biodiesel diminui a dependência do diesel, trazendo grandes efeitos em sua produção e uso, tais como o incremento à economia, tanto na agricultura como na indústria (SILVA *et al.*, 2008). Com a expansão deste mercado, milhares de agricultores e famílias brasileiras serão beneficiadas, ocasionando o aumento de renda devido ao cultivo e comercialização dos vegetais oleaginosos para a produção do biodiesel (SILVA, 2017).

Um dos parâmetros a ser determinado no biocombustível para analisar as suas características e/ou propriedades é a determinação do índice de acidez (IA), que fornece dados sobre a qualidade do produto e a conservação do óleo, relacionadas com o processamento e

principalmente com as condições de conservação do produto. O índice de acidez demonstra-se importante, visto que a presença de ácidos graxos livres ocasionar processo oxidativo do combustível, levando à corrosão, incrustações e formação de depósitos, devido a oxidação das partes internas dos tanques e motores.

O óleo de fritura residual representa uma matéria-prima alternativa e de baixo custo para a produção do biodiesel, além de não ter problema com as épocas de safra e não competir com a produção de alimentos. Em especial, em decorrência do descarte indevido de resíduos, o óleo de fritura residual corresponde a um potencial poluidor do meio ambiente, justificando-se o desenvolvimento de estudos para a redução do seu impacto. Desta forma, a possibilidade empregar o óleo residual de fritura no preparo do biodiesel traria alguns benefícios, tais como a não contaminação do meio ambiente e a cooperação para a produção de um combustível renovável. Além disso, apresenta um valor agregado a um produto que não teria mais utilidade.

Diante disso, procurou-se responder a seguinte questão norteadora: óleos residuais de diferentes tipos são viáveis para a produção de biodiesel? A origem do óleo afeta a sua qualidade e a quantidade gerada? Partiu-se das seguintes hipóteses: (i) os diferentes óleos resultam na formação do biodiesel, (ii) as características das matérias-primas influenciam na quantidade de biodiesel e de subproduto gerado e (iii) na qualidade e características físico-químicas do biodiesel.

Assim sendo, teve-se como objetivos verificar a viabilidade de produção de biodiesel etílico, em meio básico, a partir do óleo de soja virgem e dos óleos de frituras residuais de peixe, batata e carne vermelha e analisar o índice de acidez das matérias-primas, o rendimento bruto e o índice de acidez das amostras de biodiesel resultantes. Este trabalho apresentará contribuições econômicas, uma vez que possibilitará a obtenção do biodiesel a partir de uma matéria-prima alternativa e barata; sociais, pois ajudará a gerar mais empregos; ambientais, por se tratar de um produto renovável, diminuindo a emissão de gases à atmosfera, reaproveitando e dando um descarte correto para o óleo de fritura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA

Os óleos residuais de fritura são resultado do processamento de alimentos em lanchonetes, cozinha industriais, comerciais e domésticas e indústrias que processam frituras de produtos alimentícios (ENCARNAÇÃO, 2007). Os óleos e gorduras são substâncias líquidas,

viscosas e hidrofóbicas (solúveis em água), podendo ser de origens animais e vegetais. São materiais graxos formados por triglicerídeos, três moléculas de ácidos graxos e uma de glicerol, podendo ser originados de três maneiras: vegetal, mineral e sintético (LOPES, 2015).

O vegetal é extraído de plantas oleaginosas, passando por processos químicos ou físicos de refinação para serem consumidos como alimentos; origem mineral, quando obtidos no processo de refino do petróleo, onde são empregados na lubrificação em baixas temperaturas, como o desengripante utilizado em manutenção mecânica; de origem sintética, a obtenção é feita a partir de produtos com propriedades diferentes por transformação química, por exemplo o óleo diesel (CESÁR *et al.*, 2017).

2.2 BIODIESEL E TECNOLOGIAS PARA A SUA OBTENÇÃO

Os combustíveis renováveis surgiram no Brasil a partir da crise energética mundial dos anos 70, com a criação dos programas Pró-álcool, que teve como objetivo diminuir a dependência da importação do petróleo e o Pró-óleo, que visa a adição de óleos vegetais e seus derivados em 30% ao diesel de petróleo (SILVA *et al.*, 2020). O biodiesel foi oficialmente introduzido na matriz energética brasileira através da Medida Provisória nº 214, de 13 de setembro de 2004, convertida posteriormente na Lei nº 11.097, de 2005. Esta mesma MP delegava atribuições e competências à Agência Nacional do Petróleo (ANP) para regular, promover, contratar, fiscalizar e autorizar as atividades de produção, estocagem, distribuição e revenda do biodiesel (BRASIL, 2004). Os principais estados que produzem o biodiesel no Brasil são: São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e Rio Grande do Sul.

O biodiesel é um derivado monoálquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, obtido através do óleo extraído dos vegetais como babaçu, dendê, palma, girassol, mamona ou gordura animal, onde os combustíveis fósseis serão substituídos por motores de ciclo diesel. O Brasil, que tem a soja como a principal matéria-prima para a produção do biodiesel, encontra-se entre os maiores produtores do mundo, com uma produção anual de 2,9 bilhões de litros de biodiesel, em 2013, e uma capacidade instalada para cerca de 7,9 bilhões de litros (ANP, 2016).

Além de ser um combustível obtido de fonte renovável, o biodiesel é biodegradável e não-tóxico. Possui várias características relevantes, tais como melhor poder lubrificante que o diesel devido à sua elevada viscosidade, e menor efeito poluente em razão das baixas emissões de monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de enxofre e hidrocarbonetos (FERRARI *et al.*, 2016).

A transesterificação é o processo mais utilizado para a produção de biocombustíveis a partir de óleos vegetais e gordura animal e consiste basicamente na reação entre o triglicerídeo e um álcool simples (metanol ou etanol), formando ésteres (metílico ou etílico), que constituem o biodiesel e gerando glicerol como subproduto (Figura 1).

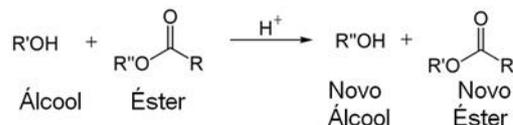


Figura 1: Reação de transesterificação catalisada por ácido.

Fonte: TAPANIS *et al.*, 2013.

Como triglicerídeos, podem ser usados óleos de diversas oleaginosas, de acordo com a maior disponibilidade de cada região e também gorduras animais. O álcool é adicionado em excesso a fim de permitir a formação de uma fase separada de glicerol e deslocar o equilíbrio para um máximo rendimento de biodiesel, devido ao caráter reversível da reação. Pode ser utilizada catálise ácida, básica ou enzimática, ou utilizando fluidos supercríticos (TAPANIS *et al.*, 2013).

O processo de craqueamento, representado na Figura 2, consiste na quebra das moléculas do óleo vegetal ou gordura, onde ocorre a formação de uma mistura de compostos químicos com propriedades semelhantes às do diesel, gases e gasolina de petróleo, que podem ser usados diretamente em motores convencionais. Esta reação é realizada a altas temperaturas, acima de 350 °C, na presença ou ausência de catalisador. Portanto, o craqueamento pode ser térmico ou catalítico.

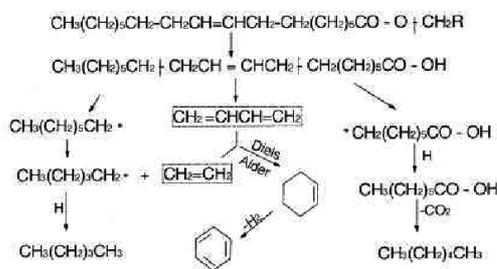


Figura 2: Reações que ocorrem no craqueamento.

Fonte: TAPANIS *et al.*, 2013.

O processo de hidroesterificação, apresentado na Figura 3, é a mais moderna alternativa na produção de biodiesel, permitindo o uso de qualquer matéria-prima graxa (gordura animal,

óleo vegetal, óleo de fritura usado, borras ácidas de refino de óleos vegetais, entre outros). Essas matérias-primas são totalmente transformadas em biodiesel independente da acidez e da umidade que possuem.



Figura 3: Etapa do processo de hidroesterificação.

Fonte: TAPANIS *et al.*, 2013.

2.3 BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL

Os óleos vegetais são uns dos principais produtos extraídos de plantas e cerca de dois terços são usados em produtos alimentícios. Já as gorduras podem ser de origem animal ou vegetal. As gorduras vegetais são produzidas industrialmente a partir do processo de hidrogenação de óleos vegetais. Os óleos vegetais usados em frituras também podem ser utilizados para a obtenção do biocombustível, o que proporciona a reciclagem do resíduo (ROCHA, 2016).

A utilização de óleos residuais de fritura como matéria-prima para a produção do biodiesel pode apresentar três principais vantagens: tecnológica, caracterizada pelo processo da extração do óleo; econômica, devido ao custo da matéria-prima, uma vez que o óleo de fritura residual tem seu preço estabelecido no mercado; e ambiental, caracterizada pela destinação adequada dos resíduos do óleo de fritura residual, evitando impactos no ecossistema (DIB *et al.* 2010; MARTINS, 2016).

O produto obtido a partir do óleo de fritura residual é comparável ao biodiesel produzido de óleo refinado (GERIS *et al.*, 2007). A utilização do óleo de fritura residual para a produção de biodiesel traria muitos benefícios à sociedade. O descarte seria feito de maneira correta, evitando poluição ambiental e ainda possibilitaria a produção de biocombustíveis, como o biodiesel. Este é sustentável e seu emprego diminui a emissão de gases poluentes para a

atmosfera, causando menos efeito estufa (BARBOSA, 2007). Por tudo isso, entende-se a importância da utilização do óleo de fritura para a produção de biodiesel.

Além de possibilitar um destino adequado para o óleo, evitando o descarte de maneira imprópria, a reutilização de óleo residual de frituras para produzir biocombustíveis aumentaria a produção e a utilização de biodiesel. A sua utilização diminuiria consideravelmente o lançamento dos gases de efeito estufa para a atmosfera, como o dióxido de carbono e o enxofre, que é um dos principais causadores da chuva ácida (SANTOS, 2019).

Os óleos residuais representam um grave problema ambiental, sendo que o descarte de um litro de óleo vegetal nos corpos hídricos contamina milhares de litros de água. O fato é que não existe uma forma de descarte ideal, mas existem alternativas de reaproveitamento deste óleo e uma das possibilidades é a produção de biodiesel (PACHECO, 2019).

3 METODOLOGIA

A pesquisa refere-se a um estudo experimental de natureza qualitativa e cunho descritivo, feito com a finalidade de determinar um objeto de estudo e selecionar as variáveis que serão capazes de influenciá-lo (MARCONI; LAKATOS *et al.*, 2003). O experimento foi conduzido no laboratório de Nanomateriais, da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

3.1 REAGENTES E SOLVENTES

Foram utilizados os seguintes reagentes e solventes: ácido oxálico, álcool etílico absoluto P. A. (Dinâmica, 99,8%), hidróxido de sódio P. A. (Vetec, 99,5%), éter etílico e fenolfateína 1%.

3.2 Coletas das amostras

As amostras de óleo residual de frituras (peixe, batata e carne vermelha) foram coletadas em residências de Sete Lagoas, MG. Também foi empregado o óleo de soja extra virgem, totalizando quatro amostras de diferentes origens.

3.3 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ACIDEZ DOS ÓLEOS RESIDUAIS

Inicialmente, fez-se uma inspeção visual das amostras, as quais foram submetidas à filtração quando necessário. Em seguida, foi determinado o índice de acidez (IA) pesando-se cerca de 2 gramas do óleo em um erlenmeyer, com posterior adição de etanol (15 mL), éter etílico (10 mL) e 3 gotas de fenolftaleína 1% (indicador de viragem). Então, titulou-se com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01 mol/L, previamente padronizada com ácido oxálico 0,05 mol/L, até coloração rósea persistente. Um ensaio em branco foi conduzido paralelamente. Anotou-se o volume de NaOH gasto na titulação. Todas as análises foram feitas em triplicata.

3.4 FABRICAÇÃO DO BIODIESEL

Para a realização da reação de transesterificação, 100 mL do óleo foram colocados em um béquer sob agitação e aquecimento. Simultaneamente, etanol anidro e NaOH foram adicionados em outro béquer, sob agitação e aquecimento, resultando no catalisador etóxido. Quando ambas as misturas atingiram a temperatura de 50 °C, a mistura catalítica foi adicionada ao óleo, iniciando-se a reação, que foi mantida à temperatura constante de 50 °C por um tempo de 45 minutos. Em seguida, transferiu-se a mistura para um funil de decantação, onde permaneceram em repouso por 24 h, procedendo-se a separação das fases.

3.5 Determinação do índice de acidez do biodiesel

Os índices de acidez (IA) das amostras de biodiesel foram determinados conforme metodologia descrita no item 3.3. Todas as análises foram feitas em triplicata.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ÍNDICE DE ACIDEZ DO ÓLEO DE SOJA E DOS ÓLEOS RESIDUAIS

O sucesso da reação de transesterificação no processo de produção de biodiesel é influenciado pela preparação da matéria-prima e pelas propriedades físico-químicas do óleo. Tais fatores podem ser controlados pela remoção de sólidos suspensos, o que pode ser feito por uma filtração simples e também pela determinação do índice de acidez (IA) do óleo.

O objetivo da análise do IA é determinar, através de uma titulação, a porcentagem de ácidos graxos livres nos óleos residuais. O IA é definido como a quantidade em miligramas de NaOH ou KOH necessária para neutralizar os ácidos graxos livres de um grama da amostra.

Logo, trata-se de uma variável que está intimamente relacionada com a natureza e qualidade da matéria-prima.

Os valores de índices de acidez (IA) obtidos para as matérias-primas em questão encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Valores de índice de acidez (IA) das matérias-primas.

| Óleos | Índice de acidez (IA), mg NaOH/g amostra |
|---------------------------------|---|
| Óleo de soja virgem | 0,16 |
| Óleo residual de batata | 0,22 |
| Óleo residual de peixe | 0,34 |
| Óleo residual de carne vermelha | 1,35 |

Fonte: Autora, 2020.

Diante dessa análise, o óleo de soja virgem e os óleos residuais de batata e peixe mostraram-se promissoras matérias-primas para a reação de transesterificação para obtenção do biodiesel, já que apresentaram valores de IA iguais a 0,16, 0,22 e 0,34 mg NaOH/g amostra, respectivamente. Por sua vez, um maior de IA foi encontrado para o óleo residual de carne vermelha, 1,35 mg NaOH/g amostra.

Um elevado nível de acidez no óleo bruto interfere negativamente no rendimento da transesterificação, sendo que a utilização de catalisadores básicos resulta na formação de sabões, dificultando assim a purificação do produto. Dessa forma, tem-se a necessidade de uma neutralização prévia do óleo residual de carne para posterior emprego no processo. Entretanto, um alto teor de ácidos graxos livres e água tornam o processo inviável, pois são necessárias etapas adicionais de pré-tratamento da matéria-prima, separação e purificação dos produtos finais, gerando uma grande quantidade de efluente.

4.2 FABRICAÇÃO DO BIODIESEL

Para a produção do biodiesel optou-se pelo uso do etanol devido às suas baixas toxicidade e nocividade ao meio ambiente, bem como pelo fato dele poder ser produzido por uma fonte renovável, intensificando assim o propósito deste trabalho. A falta de separação espontânea entre o biodiesel e o glicerol é um comportamento previsto na literatura, já que umas das problemáticas na utilização do álcool etílico ocorrem pela dificuldade de separação

das fases. Desta forma, o etanol encontrava-se isento de água, e mesmo assim, houve uma certa dificuldade na separação da glicerina.

A catálise básica homogênea proporcionou altos rendimentos para as três matérias-primas empregadas, obtendo-se 95,0%, 91,4% e 83,4% para o óleo de soja e para os óleos residuais de batata e peixe, respectivamente. A caracterização do índice de acidez (IA) dos óleos residuais foi útil para avaliar essa possível degradação dos mesmos em função dos processos aos quais foram submetidos, tendo sido condizente com os rendimentos obtidos. Os rendimentos para o óleo extra virgem e o óleo de fritura de batatas foram maiores, provavelmente pela menor degradação dessas amostras, se comparadas ao óleo de fritura peixes. Assim sendo, esta degradação provavelmente influenciou no decréscimo do rendimento para a obtenção dos ésteres empregando-se o óleo residual de peixe.

4.3 ÍNDICE DE ACIDEZ DO BIODIESEL

A Tabela 2 apresenta os valores de índice de acidez (IA) encontrados para cada uma das amostras de biodiesel.

Tabela 2: Valores de índice de acidez (IA) para as amostras de biodiesel.

| Biodiesel | Índice de acidez (IA), mg NaOH/g amostra |
|-------------------------|---|
| Óleo de soja virgem | 0,11 |
| Óleo residual de batata | 0,11 |
| Óleo residual de peixe | 0,19 |

Fonte: Autora, 2020.

Os valores do IA para as amostras de biodiesel produzidas a partir de óleo de soja e óleos residuais de batata e peixe corresponderam a 0,11, 0,11 e 0,19, respectivamente. Observa-se que todos os valores obtidos encontram-se menores que os das matérias-primas correspondentes. Esses resultados são satisfatórios e estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução ANP nº 45, de 25 de agosto de 2014, que determina uma concentração de no máximo 0,5 mg de NaOH/g de amostra.

A acidez livre de óleos e gorduras é proveniente da hidrólise parcial dos glicerídeos, sendo sua medida muito importante, pois revela a qualidade da matéria-prima, relacionada com o processamento e, principalmente, com as condições de conservação do produto. O índice de

acidez adquire importância devido a presença de ácidos graxos livres ocasionar processo oxidativo do combustível, levando à corrosão, incrustações e formação de depósitos, devido a oxidação das partes internas dos tanques e motores.

5 CONCLUSÃO

Atualmente, busca-se a redução da emissão de gases poluentes no meio ambiente, sendo o biodiesel um biocombustível atrativo, visto que é praticamente livre de enxofre e aromáticos, sendo produzido por fontes renováveis. A possibilidade da utilização de óleos residuais surge como uma alternativa barata e sustentável para a produção de biodiesel, permitindo a reinserção desse tipo de resíduo, descartado indevidamente em nosso cotidiano.

Nesse estudo, demonstrou-se a viabilidade da produção do biodiesel a partir de óleos residuais de frituras por via etílica básica, o que é vantajoso economicamente, apesar de ser reportada uma dificuldade de separação das fases quando se emprega o etanol. Foram observados bons rendimentos, variando entre 83,4% e 95,0%, com ésteres apresentando índice de acidez dentro dos padrões exigidos pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), que estabelece um máximo de 0,5 mg NaOH/ g amostra.

Outras análises físico-químicas, tais como viscosidade cinemática, ponto de fulgor, ponto de combustão, densidade, umidade, glicerina livre e glicerina total devem ser realizadas para verificar se as amostras de biodiesel estavam em conformidade com a ANP.

5 REFERÊNCIAS

ANP - Agência Nacional do Petróleo. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acesso em 20 de abril 2020.

COSTA NETO, P. R. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras.** *Química Nova*, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 531-537, Aug. 2000.

DA COSTA, A. O. **A inserção do biodiesel na matriz energética nacional: aspectos socioeconômicos, ambientais e institucionais.** Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017. XV, 248 p.: il.; 29,7 cm disponível em: pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/8016/1/876286.pdf.

DE ROSSI, G. Z.; BORGES, I. R.; PEREGO, T. F.; TOLEDO, V. D. M.; FERREIRA, L. F. P. **Análise técnica da produção do biodiesel a partir do óleo de fritura residual.** *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, v. 4, n. 1, p. 0101-0108, 2 mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.18540/jcecv14iss1pp0101-0108>.

DIB, F. H. **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.** 2010. 114 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/88869>>.)

FERNANDES, S. V.; VIEGAS, C.; PREVID, D. **Caracterização estrutural e físico-química de biodiesel produzido a partir de óleo residual do refeitório do IF Goiano campus Urutaí.** Acesso:10\05\2020.Multi Science jornal 2018DOI: <http://dx.doi.org/10.33837/msj.v1i12.584>.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. **Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia.** *Química Nova*, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 19-23, fev. 2005. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000100004&lng=pt&nrm=iso>.acessoem 21 maio 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422005000100004>.

GIACOMINI, I. J. F. K. C.; SANTOS, K. M.; SOUZA, A. G. B. **Caracterização de matérias primas para produção de biodiesel,** V SEQUFES – V Semana da Engenharia Química da Universidade Federal do Espírito Santo. *Blucher Chemical Engineering Proceedings*, Volume 4, 2017, Pages 55-58, ISSN 2359-1757, <http://dx.doi.org/10.1016/SEQUFES2016-013>.

HEIDEMAN, V. S. **Viabilidade do uso de óleos vegetais usados em frituras para a produção de biodiesel.** *Revista Eletrônica Técnica Científica*. ISSN ELETRÔNICO - 2316-8382 Publicado em :25\03\2020.

LIMA, L. B. et al. **Aproveitamento de óleo de fritura na produção de biodiesel.** *Encontro de Extensão, Docência e Iniciação Científica (EEDIC)*, [S.l.], v.4, n.1, fev.2019. ISSN24466042. Disponível em: <<http://publicacoesacademicas.unicatolicaquixada.edu.br/index.php/eedic/article/view/2698/2267>>. Acesso em: 16 Oct. 2020.

LOPES, Í. K. B. **Avaliação físico-química e química dos óleos e gorduras e seus efeitos na ingestão *in vitro***/Itala Kariny Barroso Lopes/Alexandre Alves da silva- Diamantina. UFVJM,2015,136p.:ildisponível em:http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/808/1/itala_kariny_barroso_lopes.pdf

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 5.ed. São Paulo: Atla 2003, 312p.

MARQUES, F. C.; ALVES, I. L.; JUNIOR, E. R.; DE OLIVEIRA, P. J. P.; REPOSSI, B. F. **Produção de biodiesel utilizando óleo de soja descartado por estabelecimento comercial alocado no IFES, campus Cachoeiro de Itapemirim-ES.** *Revista Ifes Ciência*, v. 5, n. 2, p. 253-267, 2019.

MARTINS, A. B.; Lopes, C. V.; Avelino, M. G. G. S. **Reciclagem de óleos residuais de fritura-rotas para a reutilização.** *Revista Conexão Eletrônica*, Três Lagoas, MS, v. 13- n.1;2016 disponível em: http://www.aems.edu.br/conexao/edicaoanterior/Sumario/2016/downloads/2.%20Ci%C3%A4ncias%20Exatas%20e%20da%20Terra,%20Engenharias%20e%20Ci%C3%A4ncias%20Ar%20e%20Ambientais/013_Eng_Ambiental%20-%20Reciclagem%20de%20%C3%93leos....pdf

MORAIS, V. S. **Avaliação da qualidade do biodiesel em função da matéria-prima utilizada: óleos residuais de fritura de diferentes tipos e fontes.** Orientadora: Prof^a. Dr^a. Geisamanda Pedrini Brandão Athayde. Vitória, 2011. Dissertação de Mestrado – Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo.

ROCHA, M. R. **Avaliação das propriedades sensoriais dos produtos de interesterificação da gordura do leite com óleos vegetais.** 2016. Dissertação (Mestrado em Processos Catalíticos e Biocatalíticos) - Escola de Engenharia de Lorena, University of São Paulo, Lorena, 2016. doi:10.11606/D.97.2017.tde-20112017-123439. Acesso em: 2020-06-07.

SANTOS, M. X.; SILVA, J. G. F. **Aproveitamento do óleo residual de fritura na produção de biodiesel.** *REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, [S.l.], v. 33, n. 1, p. 299-306, maio 2016. ISSN1517-1256. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/remea/article/view/5111>>. Acesso em: 21 maio 2020. doi:<https://doi.org/10.14295/remea.v33i1.5111>.

SILVA, A. A.; SANTOS, P. R. M. **Biodiesel de óleo residual de fritura: uma oportunidade bioenergética para o Estado de Alagoas.** *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 05, Ed. 04, Vol. 04, pp. 128-140. Abril de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/meio-ambiente/oleo-residual>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/meio-ambiente/oleo-residual

SILVA, M. M. **Análise exergética da produção do biodiesel por mistura binária de sebo bovino e óleo de soja.** 2017. 92 f., enc.: il. disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/>

SILVA, P. R. F.; FREITAS, T. F. S. **Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível.** *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 843-851, June 2008 .Availablefrom<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782008000300044&lng=en&nrm=iso>.accesson 06 June 2020. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000300044>.

STOCKER, L. S. M.; Freire, R. Jr. W. **Logística reversa, legislação e sustentabilidade: o óleo de fritura residual como matéria-prima para produção de biodiesel.** *Gestão e Sociedade*, 10(27), 1458, 2016. <https://doi.org/10.21171/ges.v10i27.2107>

TAPANES, N. C. O. *et al.* **Biodiesel no Brasil: matérias primas e tecnologias de produção.** *Acta Scientiae et Technicae*, [S.l.], v. 1, n. 1, jun. 2013. ISSN 2317-8957. Disponível em: <<http://www.uezo.rj.gov.br/ojs/index.php/ast/article/view/11>>. Acesso em: 23 out. 2020. doi: <https://doi.org/10.17648/uezo-ast-v1i1.11>.