

Avaliação da qualidade do biodiesel a partir de diferentes técnicas de lavagem e purificação

Evaluation of biodiesel quality from different washing and purification techniques

Jessica Aparecida Deluqui Pires, Cláudia Roberta Gonçalves, Danilo Morais Itokagi,
Admilson Costa Cunha, Isabel Matos Fraga, Lidiane Renata Zocal Dos Santos*,
Jéssica Luzia da Silva Leal, Talitha Jesus Carmo Sousa

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Cáceres
Cáceres-MT, Brasil.*

**lidiane.zocal@gmail.com*

Submetido em 10/01/2018; Versão revisada em 11/04/2018; Aceito em 04/12/2018

Resumo

Uma das barreiras que impedem o uso do biodiesel como um combustível alternativo é o processo de purificação do mesmo, devido entre outros fatores ao valor econômico e o tempo gasto neste processo. Desta forma, o objetivo deste trabalho consistiu em avaliar os processos de purificação do biodiesel por vários métodos diferenciados de lavagem visando analisar qual método é mais viável sob a ótica econômica, ambiental e sustentável. Existem diversas técnicas de purificação e lavagem de biodiesel, entretanto este trabalho restringiu-se em avaliar algumas variações tanto durante o processo de lavagem quanto de purificação. No primeiro foram testados diferentes tempos, quantidades, tipos de soluções, água destilada, ácido clorídrico, hidróxido de sódio, ácido fosfórico (HCl, NaOH, e H₃PO₄) e no processo de purificação usaram-se diferentes alternativas quanto à utilização de estufa, de centrifuga e de sulfato de sódio anidro para secagem. A partir dos resultados encontrados verificou-se que os métodos de lavagem via úmida e seca, de lavagem com HCl 1% e secagem por Centrífugas foram os melhores, exceto para a porcentagem de umidade.

Palavras-chave: biodiesel, purificação, lavagem.

Abstract

One of the barriers that prevent the use of biodiesel as an alternative fuel is the process of purification, due, among other factors, to the economic value and time spent in this process. Thus, the objective of this work was to evaluate the biodiesel purification processes by several different washing methods in order to determine which method is more feasible from the economic, environmental and sustainable perspective. There are several purification and washing techniques of biodiesel. However, this work was restricted in evaluating some variations both during the washing process and purification. In the first one was tested different times, quantities, types of solutions, distilled water, hydrochloric acid, sodium hydroxide, phosphoric acid (HCl, NaOH, and H₃PO₄). In the purification process different alternatives were tested involving the use of greenhouse, centrifuge and anhydrous sodium sulfate for drying. From the results found it was verified that the wet and dry washing, washing with 1% HCl and centrifuge drying methods were the best, except for the humidity.

Keywords: biodiesel, purification, washing.

INTRODUÇÃO

A sociedade atual encontra-se consciencializada para os problemas levantados pelo consumo abusivo de combustíveis fósseis com significativo impacto no ambiente, aliados ao crescente aumento dos preços do petróleo e a escassez de reservas (SILVA, 2011).

Para minimizar este problema pesquisadores em todo mundo buscam por alternativas energéticas que sejam capazes de atender à demanda mundial. Somando-se ao fato que o Brasil é um país com grande potencial na produção de sementes oleaginosas, fez-se com que surgisse a necessidade de buscarem-se fontes renováveis de energia, tais como os biocombustíveis.

Dentre os biocombustíveis, destaca-se o biodiesel, combustível que pode substituir total ou parcialmente o emprego do óleo diesel.

O biodiesel é um combustível biodegradável composto de alquilésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, obtido através de diferentes processos tais como o craqueamento, a esterificação ou por transesterificação (RAMOS et al., 2006). Apresenta características similares ao diesel de petróleo, com a vantagem de apresentar emissões reduzidas de material particulado, compostos de enxofre e dióxido de carbono (SILVA, 2010).

O biodiesel pode ser produzido a partir de inúmeras oleaginosas, tais como a soja, girassol, amendoim, canola e algodão, etc.

A qualidade da matéria-prima influencia diretamente o produto final. É necessário que a matéria-prima tenha o mínimo de umidade e de acidez, o que é possível submetendo-a a um processo de neutralização, por meio de uma lavagem com uma solução de hidróxido de sódio ou de potássio, seguida de uma operação de secagem ou desumidificação. A umidade deve ser baixa, pois caso contrário promove a hidrólise dos óleos e gorduras formando ácidos graxos livres, que,

por sua vez, levam à formação de sabões quando neutralizados. A especificidade do tratamento depende da natureza e das condições da matéria-prima selecionada para o processo (CAVALLARI, 2012).

Cavallari (2012) afirma que de todos os processos utilizados na lavagem e purificação do biodiesel, aquele que faz o uso da decantação, é considerado o melhor, pois o glicerol é mais denso que o biodiesel, dessa forma decanta facilmente e arrasta outras impurezas presentes na mistura. Após a decantação, é efetuada a lavagem com água. Mas, apesar desse processo ser de baixo custo e eficiente, é muito lento e gera um volume muito grande de efluente, tornando assim necessária a busca por processos alternativos.

A partir deste contexto este trabalho propõe o estudo de diferentes processos de lavagem e purificação do biodiesel e comparar os resultados através da caracterização físico-química, com as especificações da ANP.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso - *Campus Cáceres*. Ele consistiu na produção de biodiesel para avaliação de diferentes métodos de lavagem e purificação.

O óleo de soja foi adquirido em um supermercado do município de Cáceres, MT. As análises do óleo, foram realizadas no laboratório de química.

O biodiesel foi produzido pela rota metílica por irradiação em micro-ondas. Como matéria-prima para este estudo utilizou o óleo de soja comercial; como catalisador o hidróxido de potássio (KOH) 1% (m/v), como álcool o metanol na razão molar 6:1 (metanol:óleo). Nesta produção englobaram-se as seguintes etapas: preparo da solução de metóxido de potássio e reação de transesterificação por

micro-ondas. Na figura 1 está representado um fluxograma com as etapas do processo de produção do biodiesel.

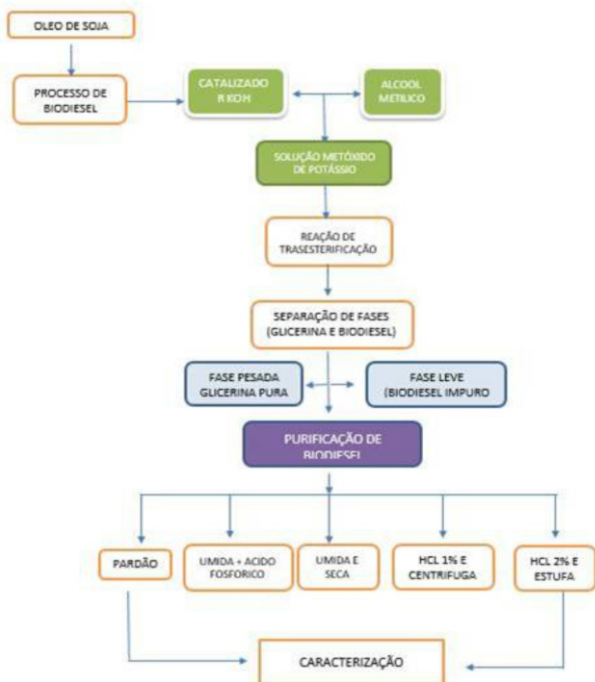


Figura 1: Organograma de produção de Biodiesel

Para a realização da reação de transesterificação inicialmente preparou-se a solução de metóxido de potássio, através da solubilização do catalisador hidróxido de potássio a 1% (m/v), com o metanol, em relação à massa dos óleos e razão molar de 6:1 álcool/óleo.

Em balões de fundo chato colocou-se 100 mL de óleo de soja em seguida foi adicionado ao óleo a solução de metóxido de potássio preparada previamente e levado ao forno micro-ondas, por 60 s. Após este tempo, retirou-se o balão do forno micro-ondas e os produtos obtidos foram levados a um funil de decantação para a separação das fases.

As amostras transesterificadas permaneceram nos funis de decantação por 24 h. Após esse período observou-se que as fases de biodiesel e glicerina estavam visivelmente separadas, a glicerina mais densa na parte inferior e o biodiesel na superior. Posteriormente, a glicerina foi retirada do funil com aferição do seu volume. No funil de decantação permaneceu apenas o biodiesel produzido, estes

foram submetidos ao processo de lavagem a fim de purificar os ésteres presentes e remover resíduos de sabões, ácidos graxos e outras impurezas.

Para esta pesquisa foram produzidas 10 amostras de biodiesel para em seguida, em duplicata, realizar cinco métodos diferentes de lavagem. Os métodos consistiram em:

- O primeiro método, chamado de padrão, é o mais utilizado para lavagem de biodiesel;
- O segundo foi via úmida usando ácido fosfórico (H_3PO_4);
- O terceiro, via úmida e seca utilizando ácido fosfórico (H_3PO_4);
- O quarto processo de lavagem foi realizando usando ácido clorídrico (HCl) 1% v/v, seguida de centrifugação e secagem em estufa;
- Na quinta e última lavagem, usou-se HCl 2% durante a lavagem e a estufa para secagem.

A seguir encontram-se as explicações de cada metodologia:

Lavagem padrão

Para realização da lavagem do biodiesel foram adicionados inicialmente 25 mL de ácido clorídrico (HCl) 5 % (v/v), em cada funil de separação, permanecendo em repouso por um período de 15 min. Este procedimento foi realizado duas vezes. Posteriormente, realizaram-se duas lavagens com 20 mL de uma solução saturada de NaCl. Ao final do processo realizou-se a lavagem com 20 mL de água destilada (GERIS, 2007).

Em seguida, realizou-se a secagem do biodiesel utilizando sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4). Uma amostra de sulfato de sódio anidro foi adicionada em cada um dos funis de separação e deixada em repouso por um período de 15 min, em seguida, com o auxílio de funis de haste curta, foi realizada a filtração em papel de filtro contendo o Na_2SO_4 . O biodiesel purificado foi transferido para provetas graduada a fim de quantificar o volume final e calcular o seu rendimento.

Tradicionalmente, o método usado para

separar álcool e glicerol do biodiesel é o método de purificação por via úmida, que consiste na utilização de solventes para extrair impurezas da mistura. Sendo o glicerol e o metanol altamente solúveis em água, a aplicação de água deionizada como solvente é mais comum (CAVALLARI, 2012).

Este método de lavagem consistiu em aquecer 10 mL de água destilada a 50°C e após atingida a temperatura adicionou-se ácido fosfórico (H_3PO_4) 2% v/v. Posteriormente, esta solução foi adicionada ao biodiesel sob agitação lenta e permaneceu em repouso durante 15 min para separação de fases. Posteriormente, retirou a primeira fase do funil de decantação e adicionou-se 15 mL de água destilada com agitação lenta. Novamente permaneceu em repouso por 15 min. para a separação das fases. Repetiu-se este último processo, mais duas vezes com água destilada, usando 20 mL cada.

Em seguida, realizou-se a secagem dos biodieseis utilizando o sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4 P.A), conforme explicação feita no item anterior.

Lavagem via úmida e seca

Um dos métodos de purificação, alternativos ao método por via úmida, é o método da lavagem a seco, que consiste no uso de adsorventes para remover impurezas do biodiesel. Tais adsorventes possuem sítios de adsorção básica e ácida, tendo forte afinidade a compostos polares. Após a adição destes à mistura, efetua-se uma filtração que os retêm, obtendo-se um biodiesel com baixas concentrações de impurezas (CAVALLARI, 2012).

Nesse método de lavagem, primeiramente aqueceu 10 mL de água destilada a 50°C e após esta temperatura ter sido alcançada adicionou-se ácido fosfórico (H_3PO_4) a 2%. Posteriormente, adicionou a solução ao biodiesel, e aqueceu-a esta mistura a uma temperatura de 70°C, permanecendo por 5 min.

Em seguida, transferiu-se o biodiesel para um funil de decantação e aguardou 5 min para a separação de fases. Posteriormente, retirou a

solução de ácido fosfórico do funil de decantação, presente na fase inferior. No biodiesel adicionou-se 25 mL de água destilada e agitou lentamente para homogeneizar esta solução, permanecendo em repouso por 15 min. O processo com água destilada repetiu-se mais duas vezes usando 25 mL, e intervalos de repouso de 15 min. Em seguida, realizou-se a secagem do biodiesel utilizando o sulfato de sódio anidro.

Lavagem com HCl 1%, seguida de centrifugação

Para acelerar o processo, pode ser aplicado o método da centrifugação, mas o uso de centrífugas consome energia, tornando o processo mais caro. A etapa de decantação pode durar entre 1 a 8 h, porém, o biodiesel obtido ainda pode apresentar teores elevados de impurezas, se comparados as normas estabelecidas pela ANP (CAVALLARI, 2012).

Este método consistiu em adicionar 25 mL de HCl 1% (v/v), agitar lentamente e deixar em repouso durante 15 min para separação de fases. Após a retirada da fase inferior adicionou-se 20 mL de água destilada, permanecendo em repouso por 10 min. Repetiu-se esta etapa duas vezes.

Posteriormente a esta lavagem, os biodieseis foram enviados a centrifuga por 10 min. Após a retirada do biodiesel da centrifuga foram levados a estufa a 110°C, durante 1 h para fazer o processo de secagem.

Lavagem com HCl 2% e estufa de secagem

Para realizar este método adicionaram-se 25 mL da solução aquosa de HCl 2% (v/v) e agitou vagarosamente e permaneceu em repouso durante 15 min para a separação de fases. Após a retirada da fase inferior lavou o biodiesel com 25 mL de água destilada, e agitou lentamente, permanecendo em repouso por 10 min. Repetiu-se três vezes esta etapa, mas a segunda e terceira o tempo de repouso foi 5 minutos. Posteriormente estas amostras foram enviadas para a estufa durante 3 h, para realizar o processo de secagem.

Após a produção e lavagem dos biodieseis seguiu-se para a etapa da caracterização do biodiesel produzido por meio de análises físicas e químicas: rendimento, índice de acidez, porcentagem de ácidos graxos livres, densidade e umidade. Todas estas análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Moretto e Alves (1986) e Moura (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados dos índices de acidez das amostras do biodiesel de acordo com os diferentes métodos de lavagem e purificação do biodiesel.

Tabela 1

Índice de acidez dos métodos de lavagem e purificação.

MÉTODOS	ÍNDICE DE ACIDEZ (mg KOH/g). ANP: 0,5
1-Lavagem padrão	0,725
2-Lavagem via úmida	0,452
3- Lavagem via úmida e seca	0,52
4-Lavagem com HCl 1% secagem por centrifugação	0,5
5-Lavagem com 2% e secagem por estufa	1,49

De acordo com a análise do parâmetro de acidez, como pode ser verificado através da tabela 1, observou-se que o biodiesel bruto produzido foram purificados por 5 métodos diferentes de lavagem e secagem. A partir destes resultados constatou-se que os métodos 2 e 4 satisfazem às exigências da resolução nº 45 de 2014 da ANP, ou seja, máximo de 0,5 mg KOH/g. O resultado na lavagem com via úmida e seca ficou levemente acima do máximo permitido pela ANP. Este fato pode ser devido a um erro operacional, na leitura do ponto final da titulação, já que o acréscimo foi na segunda casa decimal. Mais repetições desta análise poderia minimizar este resultado. O resultado de acidez para a lavagem com 2% HCl e secagem por estufa apresentou índice de

acidez de 1 mg KOH/g, acima do ideal para o biodiesel. Neste método a acidez elevada pode ser decorrente do tempo de secagem na estufa, que provavelmente tenha ocorrido a reação de hidrólise e, conseqüentemente o aumento do parâmetro analisado. Estudos com diminuição do tempo de secagem poderiam ser estudadas para este método para avaliar o comportamento da acidez.

Tavares (2012) concluiu que o índice de acidez de um óleo é o indicador da qualidade do mesmo, e isso está diretamente ligado às formas de armazenamento, extração e manuseio do óleo durante a produção.

O biodiesel com elevada acidez é indesejável, pois é responsável por processos corrosivos e formação de depósitos dentro do motor. As condições em que ocorre a reação de transesterificação podem afetar a acidez final do biodiesel (MORAIS et al., 2013).

De Paula et al. (2011), fez um estudo da purificação do biodiesel através das vias úmidas e seca e verificou que estes método é eficiente, já que diminuiu consideravelmente a acidez do biodiesel quando comparados com os métodos de Geris (2007) ou método padrão.

Faccini, (2008) realizou a lavagem do biodiesel comparando diferentes métodos técnicas em diferentes concentrações e H₃PO₄ e via seca com a sílica e magnesol. Encontrou-se uma melhor qualidade de biodiesel com a aplicação de 1% de magnesol e 2% de sílica.

A Tabela 2 apresenta os resultados da porcentagem dos ácidos graxos realizados nos métodos de lavagem e purificação do biodiesel.

Tabela 2

Porcentagem de ácidos graxos após métodos de lavagem e purificação.

MÉTODOS	ACIDEZ (%). ANP: 3%
1-Lavagem padrão	9,28
2-Lavagem via úmida	1,29
3-Lavagem via úmida e seca	2,80
4-Lavagem com HCl 1% secagem por centrifugação	2,52
5-Lavagem com 2% e secagem por estufa	2,13

De acordo com a Tabela 2 pode-se observar que em quase todos os métodos de lavagem a porcentagem de ácidos graxos ficou dentro das normas vigentes ANP, ou seja, menor que 3%. Segundo Araújo et al. (2008) a porcentagem de ácidos graxos está diretamente relacionada com índice de acidez.

Entretanto, o 5º método apresentou um índice de acidez elevado e a porcentagem de ácidos graxos dentro dos parâmetros da legislação vigente.

A porcentagem de ácidos graxos no óleo corrobora a elevada acidez, a qual pode estar relacionada ao tratamento dado às sementes durante o armazenamento ou a colheita (ALMEIDA, 2011).

Segundo Medeiros (2011), baixos níveis de ácidos graxos livres, contribuem para a manutenção da integridade da composição química do biodiesel, pois os mesmos em presença de umidade elevada catalisam os processos hidrolíticos de degradação do biodiesel.

A Tabela 3 dispõe os resultados da densidade do biodiesel realizados nos processos e métodos de lavagem e purificação do biodiesel.

Tabela 3

Valores de densidade após métodos de lavagem e purificação.

MÉTODOS	DENSIDADE, g/ml ANP: 0,850-0,900
1-Lavagem padrão	0,88
2-Lavagem via úmida	0,88
3-Lavagem via úmida e seca	0,88
4-Lavagem com HCl 1% secagem por centrifuga	0,88
5-Lavagem com 2% e secagem por estufa	0,882

Através da Tabela 3, pode-se observar que todos os métodos de lavagem apresentaram resultados dentro dos parâmetros exigidos pela ANP, que estabelece, que para ser comercializado, o biodiesel deve apresentar a massa específica, variando entre 0,850 a 0,900 g/mL (ANP, 2014).

A massa específica decorre da composição relativa dos ésteres graxos e também da presença de impurezas no biodiesel (OLIVEIRA, 2007).

Dapieve et al. (2014) verificou em seu trabalho que a densidade do biodiesel, é ligeiramente superior a do óleo diesel convencional, e exerce efeitos diretos sobre o desempenho do motor devido ao fornecimento de uma massa ligeiramente maior de combustível.

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. apud CAVALCANTE, 2010).

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de umidade realizados nos processos e métodos de lavagem e purificação do biodiesel.

Tabela 4

Porcentagem de umidade após os métodos de lavagem

MÉTODOS	UMIDADE (%) ANP: 0,02
1- Lavagem padrão	0,0025
2-Lavagem via úmida	0,028
3- Lavagem via úmida e seca	0,006
4-Lavagem com HCL 1% secagem por centrifuga	0,004
5-Lavagem com 2% e secagem por estufa	0,0052

A partir da Tabela 4 é possível verificar que apesar das análises de todos os métodos de lavagem e purificação por umidade apresentaram valores baixos, somente a lavagem padrão encontrou-se mais próximo do máximo permitido pela legislação vigente (0,02%).

Segundo Knothe et al. (2006) a umidade da matéria-prima é um parâmetro importante, pois na presença de água os ésteres podem hidrolisar a ácidos graxos de cadeia longa, causando o aumento na acidez do biodiesel. Segundo Silva (2008) a presença de água no meio reacional promove a desativação do catalisador (quando este for básico) e, posteriormente forma ácidos graxos livres.

Lima Lobato (2011), afirma que a água, em quantidades indesejáveis favorece a saponificação, consumindo o catalisador e diminuindo-se assim a eficiência da reação de transesterificação alcalina.

Outra análise foi o cálculo de rendimento que contribuiu para verificar qual dos métodos de lavagem e purificação obtiveram os melhores resultados a este quesito. A Tabela 5 mostra esses rendimentos.

Tabela 5
Rendimento após métodos de lavagem.

PROCEDIMENTO	RENDIMENTO DA LAVAGEM (% m/m)
1-Lavagem padrão	72
2-Lavagem via úmida	79,3
3-Lavagem via úmida e seca	86,6
4-Lavagem com HCl 1% secagem por centrifuga	80
5-Lavagem com HCl 2% e secagem por estufa	62

Observa-se através da Tabela 5 que quase todos os métodos de lavagem e purificação obtiveram um resultado viável, mais o que se destaca com o maior rendimento (86,6%) foi o método de lavagem via úmida e secagem com sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4). O método de lavagem com HCl 2% e secagem em estufa apresentou o menor rendimento, de 62%, e acidez fora dos parâmetros da ANP, indicando que, teoricamente podemos descartar este método, pois além de apresentar uma acidez alta também não obteve um rendimento satisfatório.

Por fim e de forma resumida, pode-se observar que quase todas as análises apresentaram resultados adequados, dentro das normas da ANP, que estabelece regras de qualidade para aceitação do biodiesel no mercado. Este trabalho pode apresentar vários métodos de lavagem com intuito de obter novos métodos de lavagem e purificação com menor custo, rapidez e eficiência e dentro das normas da ANP. A partir dos métodos realizados quatro métodos foram satisfatórios.

O método de lavagem padrão é mais usado, no

qual se espera a separação das fase com soluções ou água no biodiesel. Observa-se nesse trabalho que os métodos de lavagem e purificação usados, são completamente diferentes em termos de tempo, soluções e secagem, contudo, o uso do métodos de menor tempo e sem uso do NaCl obteve o melhor resultado, dentro dos parâmetros estabelecidos pela ANP para a maioria dos quesitos analisados. Isso indica que pode haver métodos melhores ambiental e economicamente. O exemplo é cloreto de sódio (NaCl), que não foi usado em nenhum dos processos de lavagem; dessa forma ocorreu uma redução na etapa do processo de lavagem, e mesmo assim manteve-se os padrões do biodiesel. Isso indica que o método padrão não é um método a ser seguido, e que há outras métodos para lavar e purificar o biodiesel e obter a mesma qualidade.

O uso do processo de degomagem também foi muito importante pois ajudou na redução dos fosfolipídios e, conseqüentemente, nos parâmetros de qualidades dos biodieseis. Da Silva (2013) verificou a eficiência da degomagem do óleo a partir da determinação de fosfolipídios e realizou a análises físico-químicas com este óleo degomado, e obteve a redução de fosfolipídios em 83,19%.

CONCLUSÃO

Com esta pesquisa concluímos que o biodiesel quando não é tratado contém várias impurezas como excesso de glicerol, álcool, água, sedimentos e odores. É necessária uma etapa de lavagem e purificação do biodiesel adequadas para gerar um produto de qualidade.

Os métodos lavagem via úmida, e lavagem com HCl 1% secagem por centrifuga foram considerados os melhores, exceto para a porcentagem de umidade.

Os resultados obtidos nos diferentes métodos de lavagem e purificação foram satisfatórios. A partir deste fato constatou que o método padrão não é um método a ser seguido, e que pode haver outras

formas de se purificar o biodiesel com a mesma qualidade e com maior economia e sustentabilidade.

A purificação por via úmida descrita neste trabalho é uma alternativa viável para o biodiesel, sendo considerado um método eficiente, no qual não se utilizou solução de NaCl e sim solução de ácido fosfórico (H_3PO_4), diminuindo, portanto a porcentagem de água usada na lavagem, e conseqüentemente, minimizando os impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **REGULAMENTO TÉCNICO PARA ÓLEOS E GORDURAS VEGETAIS**. 2014. Disponível em: <http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B8994-1-0%5D.pdf>. Acesso: 14/02/2015.

ANP- Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. **BIODIESEL**. 2014. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=73292&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1424488404756>.

ALMEIDA DE PAULA, et al. Utilização de argilas para purificação de biodiesel. **Quim. Nova**, v. 34, n. 1, p. 91-95, 2011.

ARAÚJO, A. M. M. Caracterização dos índices de acidez e ácidos graxos livres dos óleos de girassol, mamona e dendê visando à produção de biodiesel. **32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, 2008.

BERNI V J ; et al. **Produção, Caracterização e Purificação de Biodiesel de Blenda de óleo de Fritura e Sebo Bovino**. III Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2015.

BIODIESEL BR- Biodiesel Brasil. **BRASIL**. 2012 Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/oleos-vegetais-biodiesel-brasil.htm> Acesso: 15/02/2015.

CAVALCANTE, R. M. **Predição Da Densidade De Biodiesel Proveniente De Diferentes Matérias -**

primas. 2010 (Dissertação) mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CAVALLARI, P.I.; **Avaliação dos processos de purificação do biodiesel por via seca**. 2012. 46p. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Química da Escola de Engenharia de Lorena - Universidade de São Paulo.

DA SILVA.W.L.T; **Otimização e Avaliação do Impacto Ambiental de uma Unidade de Extração e Purificação de óleo de Mamona**; Área de concentração em gestão e tecnologia ambiental; Santa Cruz do Sul, 2013.

Dall'Agnol, A. **Por que fazemos biodiesel de soja**. Dez. 2007. Disponível em: 5 ago. 2008

FACCINI.S.C **Uso de Adsorventes na purificação de Biodiesel de óleo de soja**. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRENDE DO SUL; Instituto de Química, 2008

GERIS, R.et al. Biodiesel de soja :reação de transesterificação para práticas de química orgânica. **Química Nova**, v. 30, n. 05, p. 1369-1373, 2007.

KNOTHE, G; et al. **Manual de biodiesel**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

LIMA Lobato, A. K. C. et al. Caracterização de mistura de óleo de mamona e soja visando a produção de biodiesel. Trabalho apresentado ao **6º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo de Gás**, Florianópolis, 2011.

MORETTO, E; ALVES, R. **Óleos e Gorduras Vegetais**. Editora da UFSC, Florianópolis, 1986.

MORAIS et al. Cor ASTM: Um Método Simples e Rápido Para Determinar a Qualidade ao Biodiesel Produzido a Partir De Óleos Residuais de Fritura. **Química Nova**, v. 36, n. 4, p. 587-592, 2013.

OLIVEIRA, A. P.; et al Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel: livro de resumos, Brasília, 2007.

RAMOS, L. P. et al. Tecnologias de Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 385-405, 2011.

SILVA, G.A.M. **Síntese enzimática, caracterização físico-química e térmica de biodiesel de sebo bovino por rota etílica**. 2009. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena.

SILVA, L. L. **Estudo de óleos residuais oriundos de processo de fritura e qualificação desses para obtenção de monoésteres (Biodiesel)**. 2008, 52 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Química).

Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió.

TAVARES, D.C. **Estudo do efeito das misturas de óleos de pinhão manso, fritura e sebo bovino na produção de biodiesel**. 2012, 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

VENTURINI, O. J.; LORA, E. E. S. **Biocombustíveis** vol. 1. Rio de Janeiro: Interciência, 201