



AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA ANTIOXIDANTE DO BODIESEL PRODUZIDO A PARTIR DA MORINGA OLEIFERA LAM DURANTE O ARMAZENAMENTO

Autores:

Lívia Caroline Tavares de Andrade¹; Victor Barbosa Lemos Cabral²; Fernanda Rocha
Morais França³; André Luis Dantas Ramos⁴; Gabriel Francisco Da Silva⁵

¹Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Química - liviacaroline1987@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Sergipe, Núcleo de Engenharia de Petróleo - vinicius_varandas11@hotmail.com

³Universidade Federal da Bahia, Departamento de Engenharia Química - morais_fr@yahoo.com.br

⁴Universidade Federal de Sergipe, Núcleo de Engenharia Ambiental - aldramos@gmail.com

⁵Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Química - gabriel@ufs.br

RESUMO

Os processos oxidativos no biodiesel ocorrem devido à temperaturas elevadas e a presença de ácidos graxos insaturados. O presente trabalho apresenta parâmetros indicativos da influência antioxidante do biodiesel obtido a partir da *Moringa oleifera* Lam em diferentes percentuais em biodiesel de soja, uma vez que é a partir deste, que são produzidos 81 % do biodiesel no Brasil. As amostras foram caracterizadas mediante o estudo oxidativo, através do método Rancimat. As amostras de biodiesel de soja foram aditivadas com o antioxidante nas concentrações de 100, 500, 1000, 2000, 3000, 4000 e 5000 ppm e armazenadas em frascos âmbar a uma temperatura de 27 ± 3 °C. Todas as amostras foram analisadas no tempo zero e após 15, 30, 60 e 90 dias de armazenamento. Os resultados obtidos, a partir do Rancimat, mostraram que o tempo de estabilidade oxidativa ultrapassou o limite estabelecido pela ANP (mínimo de 6 horas) a partir da concentração de 500 ppm e revelaram que quanto maior a concentração de antioxidante utilizada, maior é a estabilidade oxidativa. As amostras com maior quantidade de antioxidante permanecem com estabilidade oxidativa a níveis permitidos pela legislação, sendo estas as de 3000, 4000 e 5000 ppm, as quais após o período de 90 dias obtiveram tempo de estabilidade iguais a 6,09, 6,51 e 6,59 horas, respectivamente. A partir dos resultados obtidos, observou-se a eficiência do biodiesel de *Moringa oleifera* LAM como antioxidante natural, aumentando a estabilidade oxidativa de biodieseis com baixa estabilidade.

Palavras-chave: Biodiesel; Estabilidade à Oxidação; Antioxidante; *Moringa oleifera* Lam.

1. INTRODUÇÃO

Alguns dos problemas encontrados nas indústrias produtoras de biodiesel estão relacionados à estabilidade do biocombustível durante o seu armazenamento. Isto ocorre devido a vários fatores, tais como oxidação e crescimento microbiológico, com

consequente aumento de biomassa, material particulado e absorção de água no meio. Estudos estão sendo feitos utilizando aditivos e biocidas artificiais, os quais podem acarretar outros problemas como corrosão e aumento de poluentes nos gases de combustão. Com isso, surge o interesse na aplicação de um aditivo que possa ter multiefeito: seja ao



mesmo tempo lubrificante, antioxidante, anticorrosivo e biocida, sem alterar as características do biodiesel [SANTOS *et al.*, 2012].

Alterações da qualidade do biodiesel, tais como modificação da sua acidez, corrosividade e a formação de produtos indesejáveis (como polímeros e depósitos) foram observadas por Bondioli *et al.* [2003] ao longo do tempo de estocagem. Portanto, a estabilidade torna-se um parâmetro importante, que deve ser controlado.

O biodiesel é um combustível já inserido na matriz energética brasileira, que exige uma incorporação de 7% ao diesel do petróleo. Uma atenção recente tem sido focada para os efeitos da oxidação causados pelo contato do biodiesel com o ar ambiente (autooxidação), reduzindo sua qualidade durante o armazenamento. Nesse sentido, torna-se um desafio a produção de biodiesel a partir do óleo de soja e girassol para manter a qualidade do biodiesel e suas misturas com combustíveis destilados do petróleo durante o longo período de estocagem. O biodiesel produzido a partir do óleo de soja possui uma baixa estabilidade à oxidação, assim como o do óleo de girassol. A determinação da estabilidade oxidativa em laboratório baseia-se na metodologia de ensaio acelerado originalmente proposta por Hadorn e Zurcher [1974]. A Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP), em sua Resolução nº 14 de 2012, estabelece um limite mínimo de estabilidade à oxidação de 6 horas [ANP, 2013].

Segundo Sousa *et al.* [2014], atualmente, estudos estão sendo realizados para aplicação de aditivos antioxidantes oriundos de fontes renováveis, adequados ao cenário ambiental atual e que tenham baixo valor agregado, uma vez que no Brasil se gasta, hoje em dia, milhões de dólares por

ano neste setor, investindo em aditivos sintéticos.

A *Moringa oleifera* Lam é uma planta originária do nordeste indiano que, por ser amplamente utilizada em diversas áreas como na medicina, na agricultura, na alimentação e nas indústrias produtoras de cosméticos, tornou-se natural o seu plantio em diversos países. Além disso, a moringa possui um óleo de ótima qualidade, que além de servir para a produção de biodiesel, possui uma excelente estabilidade à oxidação, ultrapassando o limite mínimo estabelecido pela Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP), chegando a atingir 93 horas de estabilidade [PEREIRA, 2011].

2. METODOLOGIA

2.1. Matéria-prima

2.1.1. Obtenção e preparo do material oriundo da *Moringa oleifera* LAM

Para fins de experimento a moringa utilizada é de cultivo próprio da Universidade Federal de Sergipe no Campus “Professor José Aloísio de Campos”, situado em São Cristóvão. Da moringa foram separadas as sementes com a casca, logo após cominuídas em um triturador e colocadas em estufa com circulação de ar, com temperatura igual a 40°C, realizando-se um processo de secagem durante um período de 24 horas. É importante ressaltar que a temperatura não pode ultrapassar este valor para que não haja perda nas propriedades físico-químicas da matéria-prima.

2.1.2. Desenvolvimento do composto aditivo à base da *Moringa oleifera* LAM para estabilidade do biodiesel

Estudos vêm sendo realizados apresentando resultados animadores no que diz respeito às utilidades que a semente de moringa possui. Foram encontradas referências que tratam do processo de obtenção de um extrato da



Moringa oleifera para atribuir estabilidade ao biodiesel, assim como estudos de atuação anticorrosiva e biocida.

Conforme a metodologia utilizada por Pereira [2010], o processo para obtenção do composto aditivo da moringa, foi realizado pela rota de transesterificação *in situ*, por ser um biodiesel, utilizando-se álcool etílico, com proporção óleo/álcool (1:161), em mistura com um catalisador básico (NaOH), juntamente com o pó das sementes da moringa com casca. Para esclarecimento destas etapas o diagrama de blocos é apresentado na Figura 1.

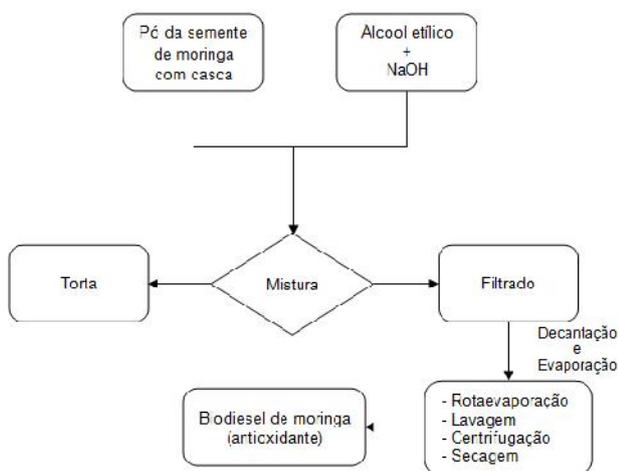


Figura 1: Diagrama do processo produtivo do biodiesel de moringa.

A partir do diagrama apresentado, torna-se relevante a abordagem das etapas para obtenção do composto.

➤ Para a solução, foram adicionados 200 g do pó das sementes com casca, na mesma temperatura e 6 % do catalisador básico. É importante salientar que a moringa contém um teor de óleo de 35 a 40 % na semente com casca, ou seja, cerca de 70 g de óleo em cada extração;

➤ O processo de mistura da solução de álcool e base foi conduzido em batelada por cerca de trinta minutos e logo após, o pó das sementes foi adicionado ao misturador que realizou a homogeneização por 2,5 h;

➤ A mistura foi separada por filtração a vácuo, resultando o filtrado biodiesel de moringa (antioxidante) e a torta;

➤ O filtrado permaneceu por 24 horas em um funil de separação para a retirada do glicerol;

➤ Ainda com álcool, o filtrado foi colocado em rotaevaporador com temperatura igual a 45°C, para que este fosse totalmente recuperado;

➤ O processo de lavagem ocorreu livre de álcool, com água destilada na temperatura de 90°C e logo após esta etapa passou por um processo de centrifugação para eliminar sais e impurezas;

➤ Foi realizada a secagem em estufa a 100°C para eliminar a umidade residual.

2.2. Técnicas de caracterização do biodiesel da moringa

Dentre os parâmetros físico-químicos foram realizadas análises conforme os métodos de determinação especificados na Tabela 1.

Tabela 1: Normas técnicas para caracterização do biodiesel de moringa (antioxidante).

Características	Resolução ANP
Densidade a 20°C	ASTM D4052
Viscosidade Cinemática a 40°C	EN ISSO 3104
Índice de Acidez, máx	EN 14104
Ponto de Fulgor, máx	EN 3679

2.2.1. Determinação da densidade relativa

Para análise da densidade relativa (d_r), deve-se tarar o picnômetro e enchê-lo cuidadosamente com água deionizada a 1 atm e 20°C, em seguida pesá-lo. Esvazia-se o picnômetro, seca-se e enche-se com a amostra. Após essas etapas pesa-se novamente e calcula-se a densidade relativa da amostra, usando a Equação 1.



$$d_r = \frac{m_A}{m_{H_2O}} \quad [1]$$

sendo, m_A a massa da amostra e m_{H_2O} a massa da água.

2.2.2. Determinação da viscosidade cinemática

Com o auxílio de uma pipeta, coloca-se 10 mL de óleo, sendo esta quantidade suficiente para encher até a metade o bulbo do viscosímetro. Este deve estar introduzido num banho a 40°C. Por sucção, através de um pipetador, eleva-se o líquido para o bulbo, cuidando para que o mesmo chegue cerca de 1 cm acima da marca e então deixa-se o líquido escoar livremente, cronometrando o tempo necessário para que o líquido escorra entre as marcas. É recomendado fazer três medidas para usar a média. Os ensaios foram realizados de acordo com o método D-445 da ASTM em um viscosímetro capilar de vidro. Utilizando a Equação 2 a viscosidade cinemática da amostra pode ser determinada:

$$v = K \cdot t \quad [2]$$

sendo v a viscosidade cinemática (mm^2/s), K a constante capilar do viscosímetro ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^2$) e t o tempo (s).

2.2.3. Determinação de índice de acidez

Definido como a massa de hidróxido de potássio utilizada para neutralizar os ácidos livres de 1 g da amostra, o alto índice de acidez tem influência negativa no que diz respeito ao uso para alimentação humana ou para fins carburantes.

Em um erlenmeyer de 250 mL adicionam-se 25 mL de álcool etílico e 1 mL de fenolftaleína. Pesam-se 7,05 g de óleo e adiciona-se à solução. Titula-se com hidróxido de sódio 0,107 M até o aparecimento de coloração rósea (a coloração deve persistir por, no mínimo,

30 s). Anota-se o volume de base gasto para cada amostra e calcula-se o índice de acidez (IA) utilizando-se a Equação 3.

$$IA = \frac{5,61 \cdot V \cdot N}{m} \quad [3]$$

sendo V o volume gasto de NaOH, N a concentração da solução de NaOH e m a massa da amostra.

2.2.4. Ponto de fulgor

A análise de ponto de fulgor foi realizada para determinar a temperatura mínima na qual é observada a liberação de vapores do líquido, em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável com o ar. Para o biodiesel, os valores de ponto de fulgor são consideravelmente mais elevados que os valores encontrados para o diesel mineral.

Para a análise de ponto de fulgor foi utilizado o analisador da marca Pensky Martens modelo HFP 380. Este equipamento realiza a análise de ponto de fulgor em amostras de B0 a B100 e outros produtos de petróleo. Pode-se trabalhar com injetor elétrico ou a gás. Caso o usuário não saiba o ponto de fulgor da amostra, este equipamento possui a função "Pre-test" que faz a inserção da chama desde o início do teste. Possui faixa de temperatura extensa de 0 a 370°C e em alguns modelos os resultados são armazenados em sua memória, permitindo que o usuário pesquise o histórico a qualquer momento. Este equipamento encontra-se no LTA/UFS.

2.3. Testes de eficiência do composto aditivo da moringa

Para verificar a eficiência do antioxidante foi realizado um estudo da estabilidade oxidativa através do equipamento Rancimat, mostrado na Figura 2, localizado no LTA/UFS. Os óleos e gorduras são prematuramente envelhecidos pela decomposição oxidativa e os produtos formados por esta decomposição são separados por um



fluxo de ar dentro de uma célula de medição abastecida por água deionizada. Uma suspensão foi preparada com cerca de 3 g de cada amostra e 50 mL de água deionizada, aquecidos a 110°C. A condutividade da água deionizada, realizada pelo equipamento Rancimat, deve ser menor ou igual a 5 μ S.



Figura 2: Equipamento Rancimat utilizado para medir a estabilidade à oxidação.

2.4. Estudo do armazenamento de blendas de biodiesel de moringa e de soja

Os testes de armazenamento foram realizados em duplicata, no Rancimat, Na concentração foi considerada uma variação para o antioxidante de 100, 500, 1000, 2000, 3000, 4000 e 5000 ppm. Estas concentrações foram refinadas após aumento na estabilidade acima do tempo especificado pela Agencia Nacional de Petróleo, Gás e Bicomustíveis - ANP, sendo este tempo de 6 horas. É importante comentar que a ANP tem interesse em aumentar o tempo de estabilidade para 8 horas e a melhor concentração do antioxidante considerada foi a que atendeu a este limite durante o período de armazenamento. O estudo do armazenamento foi realizado com duração de três meses, nos tempos: 0, 15, 30, 60 e 90 dias.

Para os testes de armazenamento, foram utilizados recipientes de vidro âmbar no volume adequado para a realização de todas as análises, Figura 3, neste caso, quantificados a necessidade de aproximadamente 200 mL, em

temperatura de $27 \pm 3^\circ\text{C}$. A cada tomada de amostra foi utilizado um único recipiente para evitar que haja alteração das propriedades do material em estudo, assim como evitar a interação entre o meio atmosférico e a amostra. Cabe ressaltar que nesta metodologia espera-se que algumas propriedades não tenham alterações, como a umidade e a densidade.



Figura 3: Armazenamento de blendas de biodiesel de soja e de moringa (antioxidante).

Optou-se por fazer o estudo em recipientes de vidro âmbar por entender-se que o presente estudo está centrado na interação, atuação e eficiência do antioxidante desenvolvido, não sendo de interesse o estudo de armazenamento do biodiesel, no qual devem ser considerados os tipos de materiais, o sistema e regime de utilização, como tanques de armazenamento na indústria, na distribuidora, nos postos e nos veículos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o processo para obtenção do biodiesel a partir da *Moringa oleifera* LAM (antioxidante), fez-se necessário a realização de algumas análises para posterior avaliação dos dados obtidos. Neste item do trabalho serão apresentados os dados obtidos a partir das análises físico-químicas e estudos térmicos e oxidativos.

3.1. Análises físico-químicas

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**2 constam os resultados da



caracterização do biodiesel da moringa, utilizado como antioxidante. Além disso, constam, também, os resultados das análises realizadas para o biodiesel de soja e para a mistura soja+antioxidante (blendas).

Tabela 2: Caracterização físico-química.

Características	Biodiesel de moringa	Biodiesel de soja	Blenda (5000 ppm)	Resolução ANP
Densidade (kg/m ³) a 20°C	870	853	855	850 - 900
Viscosidade Cinemática (mm ² /s) a 40°C	6,43	4,30	5,03	3,0 - 6,0
Índice de acidez (mg/NaOH/g)	0,059	0,051	0,057	0,50 (máx)
Ponto de fulgor, °C	162	184	182	100 (lim)

Com os resultados obtidos, fica evidente que o antioxidante apresentou densidade dentro das especificações estabelecidas, podendo ser utilizado também como combustível, sabendo-se que a alta densidade pode dificultar a injeção do combustível, reduzindo o rendimento do motor [SANTOS, 2010]. O valor da viscosidade apresentou-se, um pouco acima do intervalo permitido. De acordo com Oliveira *et al.* [2012], este valor é influenciado pelas propriedades do ácido oléico presente em maior quantidade no óleo da moringa, que são promovidas pelas interações intermoleculares como as forças de van der Waals que se acentuam devido à molécula possuir grande massa molecular, contribuindo para o aumento da viscosidade. Porém quando utilizado como antioxidante no biodiesel de soja, este ocasionou uma pequena alteração, mas permanecendo dentro do intervalo que a norma estabelece.

Os valores obtidos para o índice de acidez estão de acordo com a Norma, o que promove a minimização de reações indesejadas, como a saponificação ocasionada pelo meio básico do catalisador durante a reação de transesterificação. Os valores de ponto de fulgor também estão conforme a

especificação permitida. Esta propriedade se torna importante quanto à segurança no manuseio e armazenamento do biodiesel, indicando a temperatura na qual surge a primeira observação de chama, uma vez que combustíveis com baixo ponto de fulgor indicam riscos com explosão, pois são altamente inflamáveis. Como as temperaturas se apresentaram acima de 130°C, fica dispensada a análise de álcool nas amostras.

Vale ressaltar que as quantidades de antioxidantes utilizadas não alteraram significativamente as características físico-químicas do biodiesel de soja, uma vez que o máximo de aditivo utilizado foi 5000 ppm e que a presença destes compostos, devido à sua ação de minimizar a formação de produtos causadores da oxidação, conferem maior proteção às características analisadas.

3.4. Avaliação da influência antioxidante do biodiesel de *moringa oleifera* (antioxidante) na estabilidade oxidativa do biodiesel de soja

A Figura 4 apresenta o perfil da estabilidade à oxidação do biodiesel de soja. Pode-se observar a baixa estabilidade deste biodiesel $5,35 \pm 0,2$ horas, abaixo do limite estabelecido pela ANP (mínimo de 6 h), indicando a viabilidade de se estudar o uso de um composto aditivo antioxidante para aumentar esta estabilidade. Os valores de tempo de indução oxidativa para o óleo de soja, sem aditivos, está de acordo como resultado encontrado por Cordeiro *et al.* [2013], que relataram 5,2 horas nas mesmas condições de estudo. Esta baixa estabilidade oxidativa do óleo de soja é atribuída à elevada percentagem de ácidos graxos insaturados.

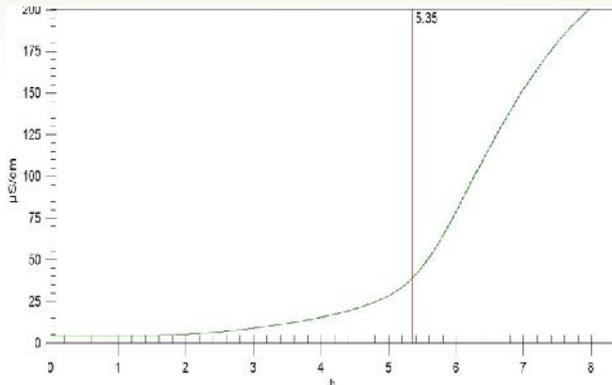


Figura 4: Estabilidade oxidativa do biodiesel de soja.

A Figura 5 apresenta a influência da razão mássica do antioxidante obtido a partir da *Moringa oleifera* na estabilidade oxidativa do biodiesel de soja, constatando-se que quanto maior a concentração de aditivo utilizada, maior a estabilidade o tempo de estabilidade à oxidação do biodiesel ao qual este for adicionado, conforme comprovado em estudo realizado por Taghvaei *et al.* [2014]. Mediante a adição da menor concentração de 100 ppm, a estabilidade saltou para $5,79 \pm 0,05$ horas. Já na maior concentração de 5000 ppm, a estabilidade saltou para $16,59 \pm 0,02$ horas, superando em mais de 10 horas o limite estabelecido pela ANP.

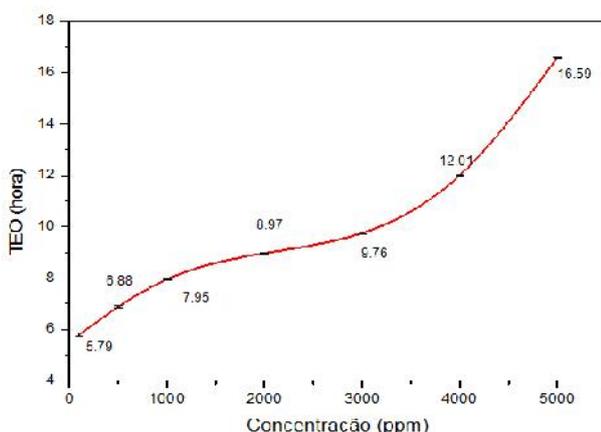


Figura 5: Variação do tempo de estabilidade oxidativa (TEO) em função da concentração de antioxidante aditivado ao biodiesel de soja.

Apesar da boa ação do antioxidante, após determinado período de

armazenamento, os fatores envolvidos no processo oxidativo, tais como o aumento da viscosidade e dos índices de acidez e a influência da temperatura, contribuem para a degradação do biodiesel, reduzindo o potencial do antioxidante [PULLEN e KHIZER, 2012]. Desta forma, a contribuição desta dissertação ao analisar a ação antioxidante do biodiesel de moringa foi identificar a concentração que atingisse o tempo mínimo de estabilidade, bem como a que ultrapassasse as 8 horas, meta futura da ANP. E ainda, verificar a estabilidade de atuação do antioxidante em função do tempo, armazenadas por um período de 90 dias. É importante comentar que o aumento da concentração até 5000 ppm ocorreu devido ao interesse de manter o tempo de estabilidade oxidativa durante o período de armazenamento por no mínimo 6 horas.

A Figura 6 mostra a redução da estabilidade oxidativa, através do método Rancimat, das amostras com 100 ppm de antioxidante em função do armazenamento.

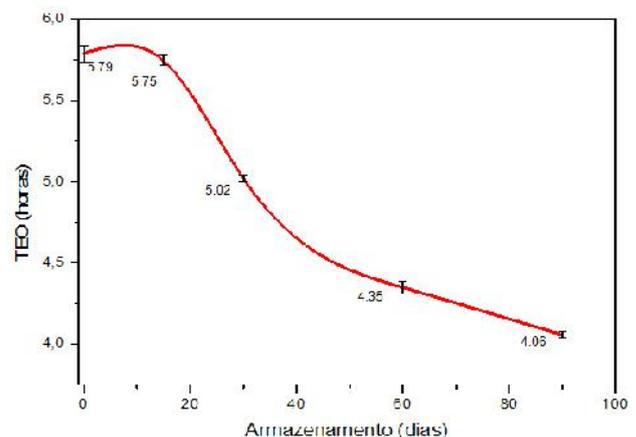


Figura 6: Variação do tempo de estabilidade oxidativa do biodiesel de soja com 100 ppm de antioxidante em função do tempo de armazenamento.

Ainda que o uso de 100 ppm do antioxidante tenha aumentado o tempo de estabilidade da amostra recém-produzida de 5,35 para 5,79 h, esta não foi suficiente para atingir o tempo



estabelecido pela ANP, que é de 6 horas. E no período de 90 dias de armazenamento a estabilidade oxidativa reduziu de 5,79 horas para 4,06 horas, apresentando, portanto, uma redução de 30%. Logo, esta concentração de aditivo não se mostrou suficiente.

Com 500 ppm de antioxidante, o biodiesel de soja já atende ao padrão de qualidade da ANP, apresentando o tempo de 6,88 horas no tempo zero, no entanto, ao término do período de 90 dias esse valor passou a ser de 4,07 horas, havendo redução de 40% na estabilidade oxidativa, conforme ilustra a Figura 7.

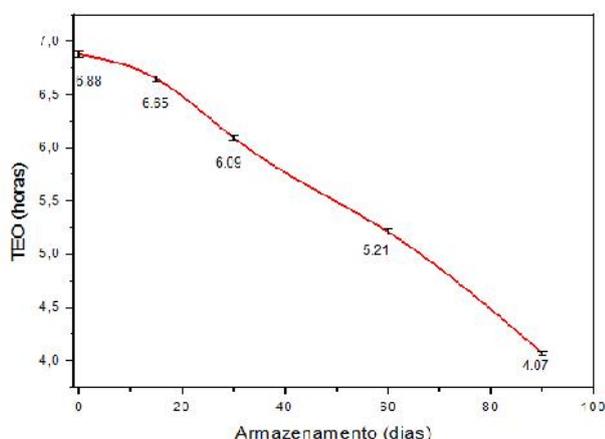


Figura 7: Variação do tempo de estabilidade oxidativa do biodiesel de soja com 500 ppm de antioxidante em função do tempo de armazenamento.

A Figura 8 ilustra a variação do tempo de estabilidade do biodiesel de soja com o antioxidante de moringa nas concentrações de 1000, 2000, 3000, 4000 e 5000 ppm, em função do tempo de armazenamento.

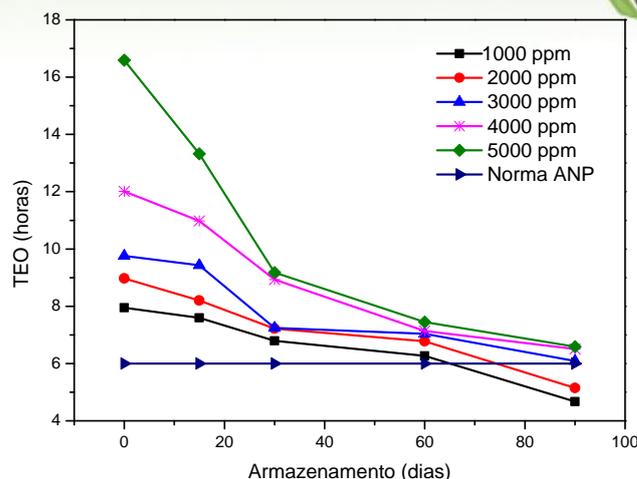


Figura 8: Variação do tempo de estabilidade oxidativa do biodiesel de soja com 1000, 2000, 3000, 4000 e 5000 ppm de antioxidante em função do tempo de armazenamento.

Analisando os resultados, pode-se observar que nas amostras com menor quantidade de antioxidante, ocorre rapidamente a oxidação através da doação do hidrogênio, não restando antioxidante para impedir a propagação da oxidação ao longo do armazenamento. No entanto, as amostras com maior quantidade de antioxidante permanecem com estabilidade oxidativa a níveis permitidos pela legislação, conforme pode ser observado nas amostras com 3000, 4000 e 5000 ppm, as quais após o período de 90 dias permaneceram com o tempo de estabilidade acima de 6 horas, sendo 6,09, 6,51, 6,59 horas, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

A utilização de aditivos capazes de aumentar a estabilidade oxidativa de biodieseis tem se tornado uma condicionante para sobrevivência das indústrias produtoras no mercado associada à qualidade exigida por sua clientela. Neste trabalho avaliou-se o efeito antioxidante de um aditivo natural que possibilita o aumento da estabilidade oxidativa de biodieseis comerciais.



Para este estudo exigiu-se o conhecimento científico do processo de obtenção e melhorias em algumas etapas da produção para dessa forma aumentar o desempenho e a rentabilidade do biodiesel produzido. Com a finalização deste trabalho, observou-se a eficiência do biodiesel de *Moringa oleifera* LAM como antioxidante natural ao biodiesel de soja, no sentido de aumentar a estabilidade oxidativa de biodiesel com baixa estabilidade.

Nas análises do tempo de estabilidade oxidativa via Rancimat, o tempo de indução do biodiesel de soja foi de 5,35 h, permanecendo acima de 6 horas após a adição de 500 ppm do biodiesel de moringa (antioxidante), tendo sido observados valores de 6,90 h. Nas maiores concentrações, sendo estas as de 3000, 4000 e 5000 ppm, houve resistência oxidativa até o final do período de 90 dias de armazenamento, observados valores de 6,06, 6,51 e 6,59 horas, respectivamente.

5. AGRADECIMENTOS



UFS



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. ABNT NBR 15531 de 29.09.2013.

BONDIOLI, P.; GASPAROLI, A.; DELLA BELLA, L.; TAGLIABUE, S.; LACOSTE, F.; LAGARDERE, L. Biodiesel Stability Under Commercial Storage Conditions Over one Year. *European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 105, p. 735-741. 2003.

CORDEIRO, A. M. T. M.; MEDEIROS, M. L.; SILVA, M. A. A. D.; SILVA, I. A. A.; SOLEDADE, L. E. B.; SOUZA, A. L.; QUEIROZ, N.; SOUZA, A. G. Rancimat and PDSC Accelerated Techniques for Evaluation of Oxidative Stability of Soybean Oil With Plant Extracts. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, v. 114, p. 827-832. 2013.

HADORN, H.; ZURCHER, K. Zurbestimmung der Oxydationsstabilität Von Olen und Fetten. *Deutsche Ledensmittel Rundschau*, v. 70, n. 2, p. 57-65. 1974.

OLIVEIRA, D. S.; FONSECA, X. D. S.; FARIAS, P. N.; BEZERRA, V. S.; PINTO, C. H. C.; SOUZA, L. D.; SANTOS, A. G. D.; MATIAS, L. G. O. Obtenção do biodiesel através da transesterificação do óleo de *Moringa oleifera* Lam. *Holos*, v. 1, p. 49-61. 2012.

PEREIRA, D. F. *Potencialidades da Moringa oleifera LAM na Produção de Biodiesel e no Tratamento de Água Produzida na Extração de Petróleo*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe, Aracaju-SE, Brasil, 2011.

PULLEN J., KHIZER S. An overview of biodiesel oxidation stability. *Renewables and sustainable energy reviews*, v.16, p. 5924-595. 2012.

SANTOS, A. G. D. *Avaliação da estabilidade térmica do biodiesel de algodão, girassol, dendê e sebo bovino*. Dissertação de Mestrado em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil, 2010.

SANTOS, N. A.; CORDEIRO, A. M. T. M.; DAMASCENO, S. S.; AGUIAR, R. T.; ROSENHAIM, R.; CARVALHO, J. R. F.; SANTOS, I. M. G.; MAIA, A. S.; SOUZA, A. G. *Commercial Antioxidants and*



Thermal Stability Evaluations, v. 97, p. 638–643. 2012.

TAGHVAEI, M.; JAFARI, S. M.; MAHOONAK, A. S.; NIKOO, A. M.; RAHMANIAN, N.; JAVAD, H.; MESHGINFAR, N. The effect of natural antioxidants extracted from plant and animal resources on the oxidative stability of soybean oil. ***LWT - Food Science and Technology***, v. 56, p. 124-130. 2014.