Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.09,2024

ISSN 2178-6925

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BIODIESEL DE PINHÃO MANSO

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF BIODIESEL FROM JATROPHIC PINE

Rafaela Fernanda Batista Ferreira
Graduada em Licenciatura em Ciências Química Biologia, UFAM-ICET
Mestre em Ciências e Tecnologia para Recursos Amazônicos
E-mail: ferreirarafaelafernandabatista@gmail.com

Eldon Carlos dos Santos Colares
Farmacêutico- Instituto Esperança de Ensino Superior
Responsável Técnico Drogaria Bom Preço- Manaus
Grupo de Pesquisa em Eletrocatálise e Química Bioinorgânica-UFRJ
E-mail: eldon.colares@hotmail.com

Mateus Feitosa Santos
Farmacêutico- Universidade Federal do Amazonas
Grupo de Pesquisa em Produtos Naturais
Laboratório de fitoquímica e Semissíntese FITOPHAR-UFAM-FCF
Grupo de Pesquisa em Eletrocatálise e Química Bioinorgânica-UFRJ
E-mail: mateusfeitosa035@gmail.com

Isabela Cavalcante do Nascimento
Química Industrial-Universidade Federal do Amazonas
Técnica em Química- Instituto Federal do Amazonas
Email: srta_isah.c@hotmail.com

Valdomiro Lacerda Martins
Químico Universidade Federal da Paraíba
Mestrado em Química- Universidade Federal da Paraíba
Doutorado em Química-Universidade Federal de Pernambuco
E-mail: valdomiro@gmail.com

RESUMO

A crescente demanda por energia a base de petróleo tem reduzido cada vez mais suas reservas. Afora o fato da maioria dessas reservas estarem concentradas em uma minoria de países em constantes conflitos que, em alguns momentos, elevam o custo do petróleo. A preocupação com as reservas de petróleo, que pode impactar nos preços futuros desse combustível, aliada aos impactos ambientais devido a emissão de gases e fuligem gerados durante sua queima tem instigado, nas últimas décadas, a busca por fontes alternativas a esses combustíveis. Sendo assim, os óleos vegetais aparecem como uma alternativa viável e promissora para substituição, total ou parcial do óleo diesel de origem fóssil em motores a combustão interna com ignição por compressão. A busca pela inserção do biodiesel na matriz energética tem sido um dos focos de vários países e blocos comerciais. Esse interesse se alicerça num tripé: (1) ambiental (melhoria das condições climáticas por redução das emissões e utilização de CO_2 pela matéria-prima); (2) social (desenvolvimento rural

ISSN 2178-6925

associado à produção de matéria-prima) e (3) energia (independência de fornecedores, consumidores produzindo sua própria energia). No Brasil, inúmeros estudos têm sido feito com diferentes oleaginosas para produção de biodiesel. Nesses estudos têm sido avaliadas as potencialidades bioenergéticas de cada região, a fim de que a produção de biodiesel possa cumprir uma das suas funções sociais que é gerar emprego e renda no campo. No Amazonas, uma das oleaginosas com potencial para produção de biodiesel é o pinhão manso. O pinhão manso, cientificamente conhecido como *Jatropha curcas L.*, é uma espécie nativa da América tropical, resistente a longas estiagens e a pragas e doenças, sendo adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis. Desenvolve-se bem tanto em regiões tropicais secas como nas zonas equatoriais úmidas, assim como em terrenos áridos e pedregosos, podendo suportar longos períodos de seca. Essa planta atinge até 4 m de altura, com flores pequenas de cor amarelo-esverdeadas e frutos no formato de cápsulas com sementes escuras, lisas, dentro das quais se encontra uma amêndoa branca, rica em óleo. A semente pode ter 33,7 a 45% de cascas e 55 a 66% de amêndoa. As sementes do pinhão manso fornecem de 50 a 52% de óleo, quando extraído com solvente, e 30 a 35% em casos de extração por prensagem. Nesse contexto, dada às características favoráveis e a disponibilidade natural de pinhão manso na região do Amazonas, sobretudo em propriedades próximas a Itacoatiara, foi proposto nesse trabalho estudos para obtenção e caracterização de biodiesel a partir dessa biomassa. A principio tentou-se obter biodiesel com rota exclusivamente etílica, contudo, observou-se dificuldades técnicas para uma boa separação do biodiesel da glicerina. Posteriormente, produziu-se o biodiesel metílico (100%), no entanto, com intuito de se utilizar a menor percentagem possível de metanol, as reações de transesterificação foram realizadas utilizando misturas de metanol/etanol nas proporções de 40%/60% e 50%/50% metanol/etanol. Como resultado, verificou-se que o biodiesel etílico-metílico apresentou maior rendimento quando comparado com o biodiesel da rota metílica. O rendimento para essas proporções foram de 78,7, 88,0 e 88,7 %, respectivamente. O índice de acidez foi de 0,60, 1,06 e 0,74. O índice de saponificação foi de 67,9, 64 e 55. Assim sendo, o trabalho contribuiu com dados de grande valia para estudos sobre a produção de biodiesel utilizando a mistura metanol/etanol.

Palavras-chave: Pinhão; Biodiesel; Rendimento.

ABSTRACT

The growing demand for petroleum-based energy has increasingly reduced its reserves. Aside from the fact that most of these reserves are concentrated in a minority of countries in constant conflict that, at times, increase the cost of oil. Concern about oil reserves, which can impact on future prices of fuel, coupled with the environmental impacts of greenhouse gas emission and soot generated during burning has instigated in recent decades, the search for alternative sources of these fuels. Therefore, vegetable oils appear as a viable and promising alternative to replace all or part of the fossil diesel fuel in internal combustion engines with compression ignition. The search for the introduction of biodiesel in the energy matrix has been a focus of many countries and trading blocs. This interest is founded on a tripod: (1) environmental (climatic conditions improved by reducing CO_2 emissions and the use of raw materials), (2) social (rural development associated with the production of raw materials) and (3) energy (independence from suppliers, consumers producing their own energy). In Brazil, several studies have been done with different oilseeds for biodiesel production. In these studies have been assessed bioenergy potential of each region, so that the production of biodiesel to fulfill one of its social functions is to generate employment and income in rural areas. In the Amazon, a potential oilseed for biodiesel production is Jatropha. Jatropha, scientifically known as Jatropha curcas L. is a native of tropical America, long resistant to drought and pests and diseases, and adaptable to soil and climatic conditions vary widely. It grows well in both tropical dry and humid equatorial zones, as well as in arid and rocky, and can withstand long periods of drought. This plant reaches up to 4 m tall, with flowers small and greenish-yellow fruit in the form of capsules with seeds dark, smooth, within which is a white almond, rich in oil. The seed can be 33.7 to 45% bark and 55 to 66% of almond. The seeds of Jatropha provide 50 to 52% oil, when extracted with solvent, and 30 to 35% in cases of extraction by

ISSN 2178-6925

pressing. In this context, given the favorable characteristics and natural availability of jatropha in the Amazon region, especially in properties near the Itacoatiara, was proposed in this work for obtaining and characterization of biodiesel from biomass. At first we tried to obtain exclusively ethyl biodiesel route, however, there are technical difficulties for a good separation of biodiesel from the glycerin. Later, they produced methyl biodiesel (100%), however, with the aim of using the smallest possible percentage of methanol, the transesterification reactions were performed using mixtures of methanol / ethanol in the proportions of 40% / 60% and 50% / 50% methanol / ethanol. As a result, it was found that methyl-ethyl biodiesel showed a higher yield when compared with the methyl biodiesel route. The performance for these ratios were 78.7, 88.0 and 88.7%, respectively. The acid value was 0.60, 1.06 and 0.74. The saponification index was 67.9, 64 and 55. Thus, the work contributed valuable data for studies on the production of biodiesel using methanol / ethanol.

Keywords: Pinenut; Biodiesel; Yeld

1. INTRODUÇÃO

Embora no final do século XIX, Ruldolf Diesel, inventor do motor a diesel, tenha desenvolvido um motor que funcionava à base de uma variedade de óleos vegetais, o aprimoramento do motor a óleo diesel, criou barreiras técnicas para a utilização do óleo vegetal e, com aumento em escala industrial da petroquímica, os preços tornaram-se imbatíveis. (ACKOM.,2005) Felizmente, em meados dos anos 70, devido às crises mundiais que elevaram muito o preço do petróleo, os óleos vegetais voltaram a ser pesquisados para servir como fonte de combustão para motores. Desde então, estudos foram feitos para contornar a inviabilidade de seu uso direto como combustível, sendo a sua alta viscosidade um dos principais fatores (AKINTAYO.,2005). Esse inconveniente foi contornado através do uso de alguns métodos, como craqueamento, esterificação e transesterificação, tendo como produto final ésteres (biodiesel), grupamentos químicos muito parecidos com os hidrocarbonetos que formam o óleo diesel (OTERA, 1993; FUKUDA et al, 2001).

O biodiesel é uma fonte de combustível renovável e biodegradável, obtido comumente a partir da reação química de óleos ou gorduras, de origem animal ou vegetal (mamona, girassol, soja, algodão, canola, milho, palma). Além disso, como o biodiesel comercializado no Brasil, segundo Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP Decreto nº 5.448 de 20/05/2005), deve apresentar uma relação de 2% de biodiesel para 98% de diesel, o monitoramento de outros metais, comumente presente no diesel, se faz necessário (ANP Resolução nº 7 de 19/03/2008).

A busca pela inserção do biodiesel na matriz energética tem sido um dos focos de vários países e blocos comerciais (PINTO et al, 2005; SUAREZ et al, 2007, RANGANATHAN et al, 2008). Esse interesse se alicerça num tripé: (1) ambiental (melhoria das condições climáticas por redução das emissões e utilização de CO_2 pela matéria-prima); (2) social (desenvolvimento rural associado à produção de matéria-prima) e (3) energia (independência de fornecedores, consumidores produzindo sua própria energia).

ISSN 2178-6925

No Brasil, inúmeros estudos têm sido feitos com diferentes oleaginosas para produção de biodiesel. Nesses estudos têm sido avaliadas as potencialidades bioenergéticas de cada região, a fim de que a produção de biodiesel possa cumprir uma das suas funções sociais que é gerar emprego e renda no campo. No Amazonas, uma das oleaginosas com potencial para produção de biodiesel é o pinhão manso.

Cientificamente conhecido como *Jatropha curcas* L., o pinhão manso é uma espécie, resistente a longas estiagens e a pragas e doenças, sendo adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis. Desenvolve-se bem tanto em regiões tropicais secas como nas zonas equatoriais úmidas, assim como em terrenos áridos e pedregosos, podendo suportar longos períodos de seca (ARRUDA et al., 2004; PRAMANIK et al., 2003).

Nesse contexto, dada às características favoráveis e a disponibilidade natural de pinhão manso na região do Amazonas, sobretudo em propriedades próximas a Itacoatiara, é proposto nesse trabalho estudos para obtenção e caracterização de biodiesel a partir dessa biomassa. Esses estudos poderão estimular os produtores locais de pinhão manso para produção de biodiesel, seja para uso de subsistência ou para comercialização.

A busca por sistemas sustentáveis tornou-se meta fundamental para a sociedade como um todo, devido às mudanças ocorridas no meio ambiente, geradas pelo processo de industrialização. Em face deste quadro, somada a provável redução de combustíveis fósseis, alternativas produtivas vêm sendo estudadas, visando obter sistemas economicamente viáveis, socialmente justos e ecologicamente adequados. Sendo assim, as energias provenientes de fontes renováveis são hoje uma alternativa promissora frente às energias oriundas de fontes fósseis, por permitirem um fornecimento de energia sustentável, um menor impacto ambiental e uma redução na dependência de combustíveis fósseis (DORIAN *et al*., 2006; WIHESRAARI, 2005; BAIRD, 2002).

O biodiesel constitui na atualidade uma das mais importantes alternativas para os combustíveis derivados do petróleo. Em função dessa importância e da futura regulamentação para sua utilização, o estabelecimento de padrões de qualidade para o biodiesel é uma das maiores preocupações do governo brasileiro. Assegurar um combustível de qualidade, garantir os direitos dos consumidores e preservar o meio ambiente são os focos principais de tal preocupação (GALVÃO, 2007; TOMINAGA.,2007).

A especificação do biodiesel no Brasil ficou a cargo da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Até o momento, foram editadas duas portarias sobre o biodiesel: a portaria nº 240, que trata o uso de combustíveis, cujas características não estão definidas por dispositivos legais expedidos pela ANP; e a portaria nº 255, que trata a especificação técnica do biodiesel puro a ser adicionado ao diesel automotivo (GALVÃO, 2007).

ISSN 2178-6925

Nesse contexto, este trabalho visa produzir e caracterizar o biodiesel a partir do óleo de pinhão manso do município de Itacoatiara, seguindo algumas especificações da ANP.

2. METODOLOGIA

2.1. COLETA DOS FRUTOS DE PINHÃO MANSO

Os frutos de pinhão manso foram coletados no plantio localizado na rodovia AM-010, no quilômetro 240 sentido MAO-ITA, no município de Itacoatiara. A colheita foi realizada manualmente quando os frutos se encontravam no estágio de maturação de cor castanho escuro e preto (secos).

2.2. PREPARAÇÃO DAS SEMENTES PARA A EXTRAÇÃO DO ÓLEO

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (UFAM), no período de setembro a dezembro de 2010. Inicialmente os frutos foram debulhados, em seguida as sementes foram colocadas na estufa a 60°C por 24 horas. Após a secagem, foram pesadas 100g de sementes totalizando quatro amostras. Após este procedimento, as sementes foram descascadas com o auxílio do almofariz e pistilo com o objetivo de separar a casca do albúmen (rico em óleo), bem como obter a média da massa da casca e da amêndoa. Para aumentar a superfície de contato com o solvente, foi utilizado um multiprocessador para triturar as amêndoas.

2.3 OBTENÇÃO DO ÓLEO DE PINHÃO MANSO

Após trituração das sementes o material triturado foi colocado em envelope, feita de papel filtro, para que, no processo de extração do óleo de pinhão manso, apenas o óleo fosse arrastado para o balão de fundo redondo. A extração foi realizada no próprio laboratório de pesquisa usando um sistema de extração de Soxhlet e uma amostra de 50g previamente seca e triturada, por cerca de 8h, utilizando éter de petróleo como solvente.

Para separar o óleo do solvente, realizou-se uma destilação simples. Em seguida, o óleo foi transferido para o dessecador para resfriamento e evitar que absorvesse a umidade do ar. Posteriormente, o óleo foi pesado para determinar o percentual de óleo nas amêndoas.

2.4 PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE PINHÃO MANSO

A produção de biodiesel de pinhão manso utiliza 3 etapas: reação de transesterificação, separação do biodiesel do coproduto e lavagem do biodiesel.

2.4.1 Reação de transesterificação

Para obtenção do Biodiesel metílico, colocou-se em um béquer, 100 mL de óleo de pinhão manso e, sob agitação, reagiu-se com uma solução metóxido. A

ISSN 2178-6925

solução metóxido foi preparada pela reação de 40 mL de álcool metílico com 1,5g de hidróxido de potássio. Para ilustrar a reação de transesterificação a mesma está representada na **Figura 1**.

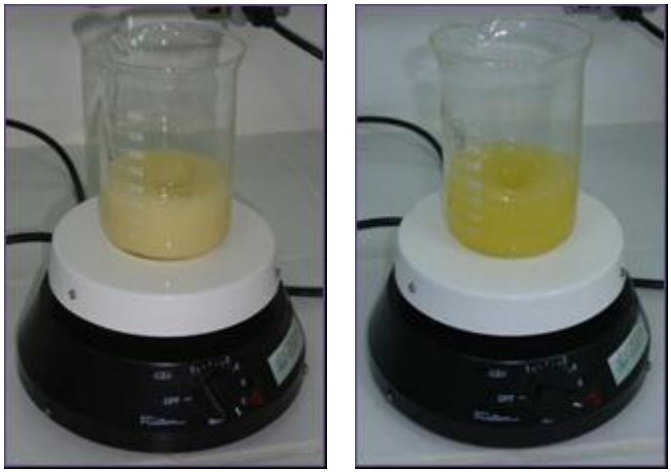

Figura 1 Reação do óleo com a solução metóxido

2.4.2. Separação do biodiesel do coproduto

Para separar o biodiesel da glicerina, após 2 horas de agitação constante, a misturafoi transferida para um funil de separação e deixada em repouso por 24h,

Terminada a separação do biodiesel da glicerina removeu-se a glicerina, coproduto da reação de transesterificação, fase inferior do funil de separação. A fase inferior também contém, além da glicerina, o álcool e o hidróxido de potássio que não reagiu na reação de transesterificação, sendo assim removidos junto com a glicerina.

2.4.3 Lavagem do biodiesel

Após separação do biodiesel da glicerina, a fase superior foi preservada para a realização da lavagem. A etapa de lavagem foi realizada por meio de 6 lavagens através da adição de água destilada à 60ºC, até pH neutro (pH ≈ 7,0) da água de lavagem.

Quando o pH da água de lavagem era aproximadamente 7,0 o biodiesel foi submetido a temperatura de 100º C, por 3 h, para eliminar os traços de umidade e de álcool, obtendo assim um biodiesel puro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A semente de pinhão manso apresentou 39,4% de casca e 60,3% de amêndoa (**Quadro 1)**. Segundo Arruda et al., (2004) a semente pode ter 33,7 a 45% de casca e 55 a 66% de amêndoa. No processo de extração do óleo da amêndoa

ISSN 2178-6925

observamos um rendimento de 57%, sendo que a bibliografia traz que a quantidade de óleo médio extraído é de aproximadamente 52-62% (BERMANN et al., 2007).

Quadro 1: Rendimento de casca e amêndoa da semente de pinhão manso

AMOSTRA*	CASCA	AMÊNDOA
1	38.890	60.688
2	39.727	59.904
3	38.963	60.609
4	40.047	59.987
MÉDIA	39.407	60.297

*100g de amostra

Inicialmente, procurou-se produzir o biodiesel a partir do óleo de pinhão manso usando como álcool o etanol (álcool etílico anidro). Contudo, não foi possível visualizar as fases contendo o biodiesel e a glicerina como já era esperado, segundo a literatura (BASHA.,2009; DURÃES.,2009).

Por outro lado, alguns trabalhos da literatura dizem ser possível a separação do biodiesel da glicerina em reações de transesterificação em etanol. Entretanto, isso só é possível com a adição de glicerina na etapa de separação. Isso faz com que a glicerina miscível no biodiesel seja aglutinada a glicerina adicionada e ocorra a separação.

Como na reação de transesterificação se produz glicerina, não é boa prática utilizar mais glicerina para tornar possível a separação do biodiesel da glicerina produzida. Por isso, se procurou trabalhar com misturas metanol/etanol, ao invés de etanol ou metanol apenas.

Embora a reação de transesterificação em metanol permita uma melhor separação do biodiesel da glicerina e seu preço seja menor do que o do etanol, a reação em etanol é mais atrativa do ponto de vista ambiental, uma vez que ele pode ser produzido a partir de fonte renovável. Sendo assim, as reações de transesterificação foram realizadas utilizando misturas de metanol/etanol nas seguintes proporções: 25%/75%, 30%/70%, 40%/60% e 50%/50%, respectivamente, para volume total de álcool de 40 mL. Esses testes foram realizados a fim de obter resultados satisfatórios com a menor porcentagem possível de metanol. Ademais, como não se tinha óleo de pinhão manso suficiente para realizar os testes citados acima, foi utilizado óleo de soja refinado comercial para a realização dos experimentos.

Todas as reações de transesterificação para a obtenção do biodiesel foram realizadas na razão molar de 1:6 (óleo - álcool), adicionando-se 1,5g de KOH na mistura de metanol/etanol, agitando-o manualmente com o auxílio de um bastão de vidro, até a diluição total do catalisador.

ISSN 2178-6925

Nos estudos realizados, verificou-se que a mistura metanol/etanol que permitia a melhor separação das fases biodiesel/glicerina com a menor quantidade de metanol era a que tinha a seguinte relação porcentual 30%/70% (**Figura 2**).



Figura 2. Separação das fases biodiesel/glicerina

Posteriormente, foram feitos alguns estudos com óleos de pinhão manso extraído por prensa hidráulica usando diferentes proporções de metanol/etanol (30/70, 40/60 e 50/50% em metanol/etanol, respectivamente), sem nenhum tratamento prévio desses óleos. Nesses estudos, verificou-se que uma melhor separação da mistura biodiesel/glicerina, após reação de transesterificação, era obtida usando proporções de 50/50% em metanol/etanol. O rendimento médio obtido para a mistura de 40/60% e 50/50% em metanol/etanol foram de 80,0 e 88,7% de biodiesel, respectivamente. Foi determinado também o rendimento para reações de transesterificação usando apenas metanol. Nesse caso, o rendimento médio obtido foi de 78,7%. Os rendimentos médios foram determinações para as análises em triplicada. As reações de transesterificação foram realizadas utilizando-se 50 mL de óleo de pinhão manso para 10 mL de metanol, 10 mL de etanol e 0,75 g de KOH.

O biodiesel obtido foi submetido a determinação de alguns parâmetros de qualidade, como o índice de acidez e o índice de saponificação. Os índices de acidez para as misturas de 40/60% e 50/50% metanol/etanol foram de 1,06 e 0,74 e para 100% metanol foi de 0,60. Os índices de saponificação para as misturas foram de 64 e 55, respectivamente, e de 67,9 para a rota 100% metanol. Assim sendo, o trabalho contribuiu com dados de grande valia para estudos sobre a produção de biodiesel utilizando a mistura metanol/etanol.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos estudos realizados até então, verifica-se que a produção de biodiesel usando como álcool apenas o metanol é possível. Contudo o mesmo não se observa quando o álcool utilizado é o etanol. O primeiro, embora mais barato e

ISSN 2178-6925

permita uma melhor separação das fases biodiesel/glicerina, é tóxico. O segundo, mesmo sendo mais caro e não permita uma boa separação das fases biodiesel/glicerina, quando combinado com o primeiro, se torna uma boa opção para produção de biodiesel, pois é menos tóxico e é obtido de fontes renováveis. Em relação os parâmetros de qualidade do biodiesel obtida, embora um pouco fora das especificações da ANP, eles estão sendo otimizados

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEAM (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas) pelo apoio financeiro por meio do seguinte edital: 003/2020 – PAINTER (processo nº 062.00877/2020).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKOM, E. K., ERTEL, J. An alternative energy approach to combating desertification and promotion of sustainable development in drought regions. In: FORUM DER FORSCHUNG, 18, 2005, Eigenverlag. **Anais...**Eigenverlag: BTU Cottbus, 2005, p. 74-78.

AKINTAYO, E. T. Characteristics and composition of Parkia biglobbossa and Jatrophacurcas oils and cakes, **Bioresource Technology**, 92, 307-310, 2004.

ANP Resolução n°7 de 19.3.2008, http://www.ellopuma.com.br/pdf/resolucao_anp_n7_de_19.3.2008_dou20.3.2008.pdf, acessado em 13/07/2024

ARRUDA, F. P., BELTRÃO, N. E. M., ANDRADE, A. P., PEREIRA, W. E., SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão-manso (Jatrophacurcas L.) como alternativa para o semi-árido nordestino, **Revista de oleaginosas e fibrosas**, 8, 789-799, 2004.

BASHA, S. D., FRANCIS, G., MAKKAR, H.P.S., BECKER, K., SUJATHA, M. A comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between Jatrophacurcas L. germplasm from different countries E **Plant Science**, n. 176 p. 812-823.2009.

DORIAN, J. P.; FRANSSEN, H. T; SIMBECK, D. R.; Global challenges in energy. **Energy Policy**, v. 34, p. 1984-1991, 2006.

DURÃES, F.O.M. **Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Pinhão Manso (Programa de PD&I – Pinhão Manso)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA EM PINHÃO MANSO, 1., 2009, Brasília, DF. **Palestra**... Brasília, DF: EmbrapaAgroenergia, 2009. 1 CD-ROM.

FUKUDA, H., KONDO, A. NODA, H. **J. Biosci. Bioeng**., 92, 405-416, 2001.

GALVÃO, L. P. F. C; Avaliação termoanalítica da eficiência de antioxidantes na estabilidade oxidativa do biodiesel da mamona. Programa de Pós Graduação em Química. Natal. 2007.

OTERA, J. Chem. **Rev**., 93, 1449-1470, 1993.

PINTO, A. C., GUARIEIRO, L., REZENDE, M., RIBEIRO, N., TORRES, E., LOPES, W. A., PEREIRA, P. A. P., de Andrade, J. B. **Biodiesel**: An Overview, J. Braz. Chem. Soc., 16, 1313, 2005.

PRAMANIK, K. Properties and use of jatrophacurcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine, **Renewable Energy**, 28, 239–248, 2003.

ISSN 2178-6925

RAMADHAS, A. S., JAYARAJ, S., MURALEEDHARAN, C. Renewable Energy, 29, 727, 2004.

RAMOS, L. P.; DOMINGOS, A. K.; KUCEK, K. T.; WILHELM, H. M. Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. **Revista Biotecnologia e Desenvolvimento.** São Paulo, v. 31, 2003.

RANGANATHAN, S. V., NARASIMHAN, S. L., MUTHUKUMAR, K. An overview of enzymatic production of biodiesel, **Bioresour Technol,** 99, 3975, 2008.

SUAREZ, P. A. Z., MENEGHETTI, S. M. P. 70º aniversário do biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no Brasil. **Química Nova**, 30, 2068-2071, 2007.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E.K. **Cultivo de pinhão-manso para produção de biodiesel**. Viçosa: CPT, 2007, 220p.

WIHERSAARI, M. Greenhouse gas emissions from final harvest fuel chip production in Finland. **Biomass and Bionergy**, v. 28, p. 435-443, 2005