

# OBTENÇÃO DE BIOQUEROSENE DE PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas*L.) E SUAS MISTURAS AO QUEROSENE FÓSSIL

## OBTAINING BIOKEROSENE OF JATROPHA (*Jatropha curcas*L.) AND THEIR MIXTURES TO FOSSIL KEROSENE

Carolline Rodrigues Ranucci<sup>1</sup>  
Helton José Alves<sup>2</sup>  
Camila da Silva<sup>3</sup>  
Marcos Roberto Monteiro<sup>4</sup>  
Kátia Andressa dos Santos<sup>5</sup>  
Reinaldo Aparecido Bariccatti<sup>5</sup>  
Edson Antonio da Silva<sup>5</sup>

**Resumo:** O aumento da demanda energética mundial tem contribuído para a busca de fontes alternativas de energia, que visem a redução na dependência de combustíveis fósseis. O setor aéreo tem buscado um combustível não mais produzido de petróleo, mas de origem renovável. Uma alternativa é a produção de bioquerosene a partir do óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas*L.). Neste trabalho, estudou-se a obtenção de um biocombustível de aviação alternativo a querosene (Jet A-1), através da reação de transesterificação e de separação dos ésteres por destilação do óleo, sendo coletadas duas frações (Destilado 1 e Destilado 2). Misturas nas concentrações entre 4 e 16% (v/v) biodiesel/querosene e bioquerosene/querosene foram preparadas e avaliada a viscosidade das misturas utilizando um viscosímetro de Cannon-Fenske. A fração do Destilado 1 foi a mais apropriada pois apresentou uma maior composição de ácidos graxos de cadeia curta. A viscosidade das misturas aumentou linearmente com a fração de bioquerosene na faixa de 1,20 (querosene) e 1,416 mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> (16% de bioquerosene/querosene).

**Palavras-chave:** Bioquerosene; Jet A1; pinhão-manso; viscosidade.

**Abstract:** The increase in global energy demand has contributed to the search for alternative sources of energy, with reduction the dependence on fossil fuels. The airline industry has sought one more not produced fuel oil, but from renewable sources. An alternative is the production of bio-kerosene from Jatropha Oil (*Jatropha curcas* L.). In this work, we studied obtaining a biofuel alternative aviation kerosene (Jet A-1) through the transesterification of esters and separation by distillation of the oil, being collected two fractions (Distillate 1 and Distillate 2). Mixtures at concentrations between 4 and 16% (v/v) biodiesel/kerosene and biokerosene/kerosene were prepared and evaluated the viscosity of the mixture using a Cannon-Fenske viscometer. The first fraction of the distillate was the most appropriate because it had a higher fatty acid composition of short chain. The viscosity of the mixtures increased linearly with the fraction of bio-kerosene in the range of 1.20 (kerosene) and 1.416 (16% of biokerosene/kerosene) mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Biokerosene; Jet A1; *Jatropha curcas* L; viscosity.

---

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Mestrado em Bioenergia – Rua da Faculdade 645 – Jd. Santa Maria, 85903-000 – Toledo – Paraná – Brasil – Fone: (+55) 45 33797091 – e-mail: carolranucci@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná – UFPR, Departamento de Engenharia e Ciências Exatas - R. Pioneiro 2153, 85950-000 - Palotina – Paraná – Brasil – Fone (+55) 44 32118500.

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Engenharia Química. Av. Ângelo Moreira da Fonseca, 1800 – 87506-370 – Umuarama – Paraná – Brasil. Fone: (+55) 44 36219300.

<sup>4</sup> Universidade Federal de São Carlos – UFSCar -Departamento de Engenharia de Materiais, Setor Combustíveis - Rod. Washington Luiz, km 235 - Jd. Guanabara, 13565-905 - São Carlos – São Paulo – Brasil. Fone: (+55) 16 3351 – 8800.

<sup>5</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste - Centro de Engenharia e Ciências Exatas - Rua da Faculdade 645 – Jd. Santa Maria, 85903-000 – Toledo – Paraná – Brasil – Fone: (+55) 45 33797091.

# 1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da agência EuropeanBiofuels (2011), o consumo mundial de querosene de aviação é de cerca de 200 milhões de toneladas por ano, com crescimento para este setor previsto em 4,5% ao ano até 2050 (EuropeanBiofuels, 2013).

O transporte aéreo em todo o mundo requer um alto consumo de combustíveis a base de petróleo. Estatisticamente, o consumo de querosene tem representado um custo para as empresas aéreas de aproximadamente 15% e a flutuação no seu preço tem incentivado a busca por fontes alternativas (Liu *et al.*, 2013).

No Brasil, é comercializado o querosene de aviação QAV-1, com especificações pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), sendo compatível com o AviationFuelQualityRequirements for Operated Systems (AFQRJOS) for JET A-1.

O querosene de aviação Jet A-1, usado comercialmente, é produzido pelo fracionamento do petróleo, através de destilação a pressão atmosférica, seguido de tratamento, o que confere ao produto a qualidade adequada ao seu bom desempenho (Petrobrás, 2014). Consiste numa combinação de hidrocarbonetos com um número de carbonos na sua maioria dentro do intervalo de C8 a C16 (Tabela 1), produzida por destilação do petróleo bruto, com faixa de destilação compreendida entre 150 e 290 °C (Baroutian *et al.*, 2013).

**Tabela 1.** Composição química do combustível de aviação Jet A-1.

Componente	Fórmula
n-Octano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>
2-Metilheptano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>
1-Metil-1-Etilciclopentano	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub>
Etilciclohexano	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>
o-Xileno	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
p-Xileno	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
Cis-decalina	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>
Tetralina	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub>
Naftaleno	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>
n-Dodecano	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>
2-Metilundecano	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>
1-Etilnaftaleno	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub>
n-Hexilbenzeno	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>
n-Hexadecano	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>
2-Metilpentadecano	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>
n-Decilbenzeno	C <sub>16</sub> H <sub>26</sub>

Ressalta-se que, o querosene de origem fóssil contribui para a poluição ambiental. Nesse sentido, pretende-se substituir o querosene por um produto similar de origem vegetal, renovável, que contribuirá para a redução da emissão de gases causadores do efeito estufa.

As empresas aéreas associadas a International Air Transport Association (IATA) estão comprometidas a não aumentar a emissão de CO<sub>2</sub> até 2020 e diminuir em 50% as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) até 2050, em relação aos níveis emitidos pelos motores de aviões em 2005 (Air Transport Action Group, 2009).

Uma opção para atingir esse objetivo, além da melhoria na tecnologia de aeronaves é o desenvolvimento de um querosene não mais produzido de petróleo, mas de origem renovável, que lance menos gases nocivos na atmosfera.

De acordo com a Lei nº 12.490, de 16 de setembro de 2011, Art. Nº 6, XXXI:

Bioquerosene de aviação é “substância derivada de biomassa renovável que pode ser usada em turborreatores e turbopropulsores aeronáuticos ou, conforme regulamento, em outro tipo de aplicação que possa substituir parcial ou totalmente o combustível de origem fóssil”. A utilização de bioquerosene poderia reduzir as emissões dos gases causadores do efeito estufa em até 80% (Ubrabio, 2012).

O bioquerosene pode ser obtido através de diversos métodos, dentre os quais se destacam: o craqueamento térmico (pirólise), gaseificação e síntese catalítica por Fischer-Tropsch, transesterificação e hidroprocessamento (Baroutian *et al.*, 2013).

A reação de transesterificação é um método relativamente mais simples quando comparado com as outras alternativas. Nesta reação, matérias graxas, de gorduras de origem vegetal ou animal, reagem com um álcool (Resolução ANP Nº 14/2012, art. 2), obtendo-se ésteres alquílicos (metílicos ou etílicos), os quais são destilados sob vácuo e a fração destilada, o bioquerosene, pode substituir parcial ou totalmente o querosene de origem fóssil, para ser utilizada na aviação (ANP, 2014).

Llamaset *et al.*, (2012), obtiveram biodiesel de óleo de coco e de palma através da transesterificação com metanol por catálise homogênea básica. Em seguida, realizou-se a separação das frações de bioquerosene de baixo ponto de ebulição por destilação a vácuo, as quais foram misturadas com querosene de aviação fóssil. Neste estudo foi possível visualizar que misturas com até 10% de bioquerosene se enquadram nos parâmetros analisados no trabalho.

Dentre as espécies oleaginosas cultiváveis no Brasil, o pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) é uma das mais promissoras para a produção de biocombustíveis, inclusive para a obtenção do bioquerosene, pelo seu potencial de rendimento de grãos e pela qualidade de seu óleo, podendo ser cultivado em solos muito pobres ou terras ociosas (Teixeira, 2005). Vários estudos têm sido realizados para converter óleo de pinhão-mansão em um biocombustível renovável (Zou e Lei, 2012).

O óleo de pinhão manso é altamente tóxico e não pode ser usado como alimento humano e animal, logo sua produção será destinada para fins energéticos não competindo com a produção de alimentos (Arruda *et al.*, 2004).

O bioquerosene deve ser miscível e semelhante - do ponto de vista físico-químico - ao querosene de aviação comercial. Dentre as propriedades importantes dos combustíveis, a viscosidade é a propriedade física que depende diretamente da estrutura molecular, como por exemplo, o comprimento da cadeia e o número de insaturações.

Segundo a norma ASTM D 445-12, a viscosidade cinemática é a medida do escoamento espontâneo do líquido em uma coluna piezométrica, medindo diretamente o tempo de escoamento através de um tubo cilíndrico, cujas dimensões são conhecidas.

O presente trabalho tem como objetivo produzir bioquerosene a partir da transesterificação/destilação do óleo de pinhão manso. Misturas contendo 4, 8, 12 e 16% (v/v) de bioquerosene com querosene fóssil, e misturas de biodiesel/querosene nas mesmas proporções foram estudadas, visando verificar a conformidade com a norma vigente para o querosene de aviação (Jet A-1).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 TRATAMENTO DO ÓLEO

Neutralização: O processo de neutralização foi utilizado devido o óleo apresentar índice de acidez superior a 1,0 mg KOH/g de óleo. Ao óleo foi adicionado a solução de NaOH 10% sob agitação constante. Em seguida a mistura foi aquecida a 70 °C durante 15 minutos, para quebrar a emulsão formada. Em seguida, o óleo neutralizado foi filtrado a vácuo para separar

as fases óleo-sabão e submetido a 3 lavagens com água quente. Por fim, o óleo foi seco em estufa por 48 horas a 85 °C para eliminação da água residual (Mandarino, 2001).

**Índice de acidez:** A determinação do índice de acidez do óleo foi realizada em duplicata com 2,0 g de amostra em erlenmeyer de 125 mL, aos quais foram adicionadas 25 mL de solução éter-álcool na proporção de 2:1. Em seguida, foram adicionadas duas gotas de fenolftaleína e tituladas com solução 0,1 mol.L<sup>-1</sup> de NaOH (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

O índice de acidez foi calculado pela seguinte equação (Equação 1):

$$IA = \frac{V * f * 5,61}{P} \quad (1)$$

Em que: *IA* corresponde ao Índice de Acidez; *V* é o volume (mL) da solução de NaOH gasto na titulação; *f* é a concentração da solução de NaOH; 5,61 está relacionado com a massa molar do KOH e a concentração molar do titulante (expresso em KOH); e *P* é a massa em g da amostra.

Foi calculado o índice de acidez do óleo bruto e do óleo após o processo de neutralização.

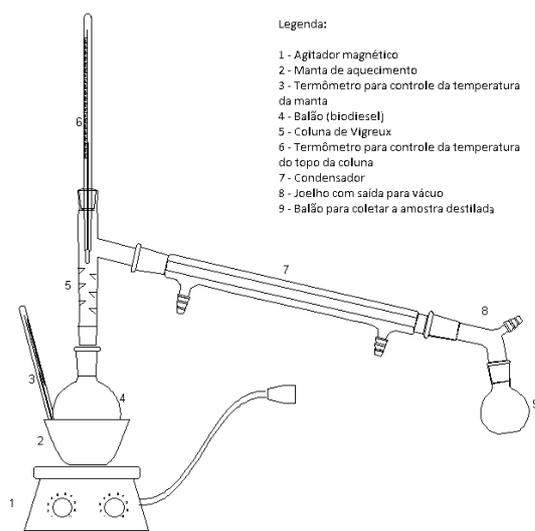
## 2.2 OBTENÇÃO DE BIODIESEL VIA METANÓLICA

A reação de transesterificação foi realizada utilizando-se óleo de pinhão-manso neutralizado, metanol e NaOH como catalisador, na proporção molar de 1:6:1, respectivamente. A mistura ficou sob agitação à temperatura de 60 °C por um período de 60 minutos. Esta mistura foi transferida para um funil de separação, para a separação dos ésteres (fase superior) da glicerina (fase inferior). A fase superior foi lavada com água destilada a 45 °C para remoção de sais de ácidos graxos, glicerina residual e hidróxido de sódio. Após a lavagem, o biodiesel foi submetido a secagem com Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anidro e levado à estufa a 85 °C por 24 horas, para remover a umidade.

## 2.3 DESTILAÇÃO

A fração de ésteres de cadeia leve foi obtida pela destilação do biodiesel de pinhão-manso utilizando uma coluna de Vigreux de 30 cm de comprimento.

A fração leve do biodiesel de pinhão-manso foi destilada em duas frações, sendo que na primeira (Destilado 1) a temperatura da manta foi de 170 °C e a temperatura do topo da coluna de 170 °C sob vácuo de 720 mmHg. Após a coleta efetuou-se uma nova destilação (Destilado 2) ajustando a temperatura da manta para 190 °C e a do topo da coluna para 150 °C sob o mesmo vácuo. A composição dos produtos de topo e fundo da destilação foram analisados por cromatografia gasosa. Na Figura 1 é possível verificar o esquema das vidrarias utilizado para a destilação.



**Figura 1.** Esquema das vidrarias utilizadas para a destilação do biodiesel.

## 2.4 MISTURAS

As misturas de querosene fóssil Jet A1 e 4, 8, 12 e 16% (v/v) da fração destilada e biodiesel de pinhão-mansó foram preparados por procedimentos volumétricos padrão. Nas Tabelas 4 e 5 pode-se verificar os valores das propriedades medidas para todas estas misturas, e também as propriedades da fração não destilada (fundo).

## 2.5 CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO, DO BIODIESEL, DESTILADO E DO FUNDO

**Cromatografia do óleo:** A análise dos ácidos graxos totais presentes nas amostras foi realizada empregando um cromatógrafo a gás Perkin Elmer (Clarus 680), equipado com um detector de ionização de chama (FID) a 250 °C e um sistema de injeção “Split” a 250 °C como uma razão de 1:50 para volume de injeção de 2 µL. A vazão do gás de arraste foi de 1,5 mL.min<sup>-1</sup>. Utilizou-se uma coluna capilar (Perkin Elmer – Elite Wax, 30 m x 0,25 mm x 0,5 µm) programada a uma temperatura inicial de 120 °C, aumentando para 180 °C, a uma taxa de 15 °C.min<sup>-1</sup>, e para 240 °C a 5 °C.min<sup>-1</sup>, permanecendo nesta temperatura durante 5 minutos.

Para a análise da amostra de óleo foi realizada a derivatização para analisar o perfil de ácidos graxos, segundo a metodologia padrão AOCS Ce 2-66 (Walker, 1990).

## 2.6 AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DO BIODIESEL, DESTILADO, QUEROSENE E MISTURAS

**Viscosidade cinemática:** A viscosidade foi determinada utilizando um viscosímetro de Cannon-Fenske (Nº 75) em banho termostático para controle da temperatura a 40 °C. Para calcular a viscosidade das amostras utilizou-se a Equação (2):

$$v = C * t \quad (2)$$

Em que:  $v$  corresponde a viscosidade cinemática (mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>);  $C$  é a constante capilar do viscosímetro (mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>) e  $t$  é o tempo (s).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das análises de índice de acidez do óleo

antes e após a neutralização. O óleo apresentou acidez elevada, o que sugere a presença de compostos responsáveis pela alteração da acidez. Este parâmetro foi normalizado através do processo de neutralização, permanecendo dentro do limite recomendado pela AOCS, abaixo de 2 mg KOH g<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Índice de acidez do óleo de pinhão-manso.

Etapa	IA (mg KOH.g <sup>-1</sup> de óleo)
Bruto	15,44
Neutralizado	1,087

O índice de acidez do óleo foi superior a 15,0 mg KOH.g<sup>-1</sup>, observando-se acidez elevada indicando a presença de ácidos graxos livres. Berchmans e Hirata (2008) aplicaram o óleo de pinhão manso para a produção de biodiesel por catálise homogênea, obtendo um índice de acidez ainda mais elevado, 29,8 mg KOH.g<sup>-1</sup> de óleo.

A composição percentual dos ácidos graxos presentes no óleo de pinhão manso, segundo seu perfil cromatográfico (Tabela 3), está de acordo com dados da literatura (Brasilino, 2010).

**Tabela 3.** Comparação entre dados da composição do óleo de pinhão manso obtidos por cromatografia e dados da literatura.

Ácido graxo	Teor (%)	
	Pinhão-manso	Brasilino, 2010
Mirístico (C14:0)	-	0,06
Palmítico (C16:0)	14,90	13,80
Palmitoléico (C16:1)	0,75	0,75
Esteárico (C18:0)	6,39	4,80
Oléico (C18:1)	36,32	35,89
Linoléico (C18:2)	41,02	44,43
Outros	0,60	0,26

Na análise cromatográfica verifica-se que os ácidos graxos presentes em maior quantidade são os insaturados, o oléico (36,32%) e o linoléico (41,02%).

As propriedades físico-químicas estão diretamente relacionadas a composição de ácidos graxos do óleo do qual é obtido o biodiesel. A análise quantitativa foi feita pela integração das áreas dos picos cromatográficos, de acordo com os tempos de retenção de cada ácido graxo. A cromatografia evidenciou a eficácia da reação de transesterificação e o processo de purificação.

A Tabela 4 apresenta a composição dos ésteres metílicos, das frações destiladas 1 e 2, além da fração de fundo.

**Tabela4.** Perfil de ácidos graxos das amostras.

Ácidos graxos	BD <sup>a</sup>	Dest 1 <sup>b</sup>	Dest 2 <sup>c</sup>	F.F <sup>d</sup>
Mirístico	0,09	-	-	-
Palmítico	14,32	31,8	24,6	8,32
Palmitoléico	0,81	2,02	1,51	0,40
Esteárico	6,29	4,32	4,48	6,07
Oléico	37,19	28,9	29,1	33,37
Linoléico	40,74	34,2	33,5	37,01
Linolênico	0,20	-	-	-
Araquídico	0,13	-	-	-
Outros	0,17	-	-	-

<sup>a</sup> Biodiesel de pinhão-manso. <sup>b</sup> Destilado 1. <sup>c</sup> Destilado 2. <sup>d</sup> Fração de fundo

O rendimento em ésteres da reação de transesterificação foi de 99,95% com um consumo pequeno de água de lavagem. A conversão encontrada está acima do estabelecido pela norma EN 14214 e na RANP 07/08 que é de 96,5%, segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

A composição dos ácidos graxos do biodiesel de pinhão-manso, apresentados na Tabela 4 mostram que o principal constituinte é o Linolênico (40,74%), seguido do Oléico (37,19%), sendo que a quantidade de FAME (FattyAcidMethyl Ester) de cadeia com até 16 átomos de carbonos (C16) é de 15,22% em massa.

Verificou-se que dos resultados apresentados na Tabela 4, o Destilado 1 foi o que apresentou a maior concentração de compostos de cadeias leves (até 16 átomos de carbono), sendo mais indicado para misturas com o querosene fóssil (Jet A-1).

A fração da composição leve (até C16) aumentou com o processo de destilação passando de 15,22% no biodiesel para 33,87% na fração do Destilado 1.

O percentual de ácidos de cadeia longa ainda foi significativo na amostra de destilado, uma alternativa para obter resultados mais promissores é avaliar outras condições de operações na destilação (temperatura e pressão).

Na Tabela 5 pode-se verificar o comportamento das viscosidades cinemáticas das amostras e das misturas biodiesel/querosene.

O valor encontrado para a viscosidade do biodiesel de pinhão-manso está de acordo com o descrito na literatura (Brasilino, 2010) e dentro do limite determinado pela Norma ASTM D 6751 (Knothe *et al.*, 2006), onde o valor deve se enquadrar na faixa entre 1,9 e 6,0 mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>.

**Tabela5.** Viscosidade cinemática das amostras.

Amostra	Viscosidade (mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )
Querosene	1,20
Biodiesel de pinhão-manso	4,952
Biodiesel/querosene (4%)	1,368
Biodiesel/querosene (8%)	1,456
Biodiesel/querosene (12%)	1,496
Biodiesel/querosene (16%)	1,568

A tabela 5 evidencia o comportamento do biodiesel puro, do querosene de aviação e das

misturas com o querosene (QAV-B4, B8, B12 e B16) como também que a viscosidade do biodiesel puro é maior que a do querosene e das misturas. O biodiesel possui uma viscosidade superior a querosene em função da capacidade de formar interações intermoleculares decorrente de sua polaridade (Brasilino, 2010).

O comportamento das misturas apresenta uma ligeira variação da viscosidade em virtude da maior concentração do biodiesel.

Na Tabela 6 é possível visualizar a viscosidade cinemática a 40 °C das amostras dos destilados 1 e 2 e suas misturas ao querosene fóssil.

A viscosidade cinemática a 40 °C, das misturas de Destilado 1/querosene e das misturas do Destilado 2 com a querosene mostram uma relação linear, conforme as Equações 3 e 4, respectivamente.

$$v_{D1/QAV} = 1,1952 + 1,3 * x \quad (3)$$

$$v_{D2/QAV} = 1,192 + 1,795 * x \quad (4)$$

Em que x é a fração de volume de destilado na mistura.

**Tabela 6.** Viscosidade cinemática das amostras.

Amostra	Viscosidade (mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )
Querosene	1,20
Biodiesel de pinhão-manso	4,952
Destilado 1	3,84
Destilado 1/querosene (4%)	1,24
Destilado 1/querosene (8%)	1,312
Destilado 1/querosene (12%)	1,328
Destilado 1/querosene (16%)	1,416
Destilado 2	3,912
Destilado 1/querosene (4%)	1,256
Destilado 1/querosene (8%)	1,32
Destilado 1/querosene (12%)	1,288
Destilado 1/querosene (16%)	1,472

Com relação à viscosidade das frações destiladas, verifica-se que este valor encontra-se acima do querosene de aviação comercial, comportamento este que era esperado em virtude da composição dos ácidos graxos da amostra. Segundo Shuet *al.*, (2007) a viscosidade aumenta com o comprimento da cadeia do ácido graxo e com o grau de saturação.

A viscosidade cinemática a 40 °C para a bioquerosene de camelina determinada por Llamaset *al.*, (2012,b) foi de 4,3395 mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. Este resultado está de acordo com os obtidos neste trabalho, onde a viscosidade para os Destilado 1 e 2 foi de 3,84 e 3,912 mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>, respectivamente. No estudo os autores realizaram uma extrapolação dos resultados para a viscosidade cinemática a – 20 °C para verificar se os valores se enquadravam na norma para a querosene fóssil de até 8 mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>, sendo verificado que os valores para a viscosidade encontram-se dentro deste limite.

## 4 CONCLUSÃO

O óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) apresenta-se como uma importante matéria-prima para a produção de bioquerosene, em virtude da quantidade de óleo presente nas sementes e pelo perfil de ácidos graxos.

A reação de transesterificação alcalina mostrou-se eficiente para a conversão em ésteres metílicos (99,95%), acima do estabelecido pela norma EN 14214 e na RANP 07/08, que é de 96,5%.

O processo de destilação mostrou eficiente, aumentando a quantidade dos ácidos graxos de cadeia com até 16 átomos de carbono, passando de 15,22% para 33,87%. Pode-se melhorar essa concentração mantendo-se diferentes condições de temperatura e pressão.

A viscosidade das misturas verificou-se um ligeiro aumento desta propriedade com o aumento no teor de biodiesel e de destilado, comportamento esperado devido o perfil de ácidos graxos presentes nas amostras do destilado e do biodiesel.

A destilação fracionada de biodiesel é um método com grande potencial para obter ésteres de cadeia curta que podem ser incorporados no querosene. Neste caso, o perfil de ácidos graxos da matéria-prima (óleo) é decisivo para garantir as propriedades desejadas, bem como um bom rendimento na extração. O óleo de pinhão-manso além de apresentar essas características apresenta a vantagem de não competir com a área alimentícia e pode ser uma alternativa para a produção de biocombustíveis como a bioquerosene.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS - ANP. Resolução ANP N° 14. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes\\_anp/2012/maio/ranp%2014%20-%202012.xml](http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2012/maio/ranp%2014%20-%202012.xml)>. Acesso em 10 de agosto de 2014.
- ARRUDA, F. P., BELTRÃO, N. E. M., ANDRADE, A. P., PEREIRA, W. E., SEVERINO, L. S.; Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) Como alternativa para o semi-árido nordestino. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, Campina Grande, 8(1):789-799, 2004.
- ASTM D445-12 - Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity), American Society for Testing and Materials, Filadelfia, PA, 2012.
- BAROUTIAN, S., AROUA, M. K., RAMAN, A. A. A., SHAFIE, A., ISMAIL, R. A., HAMDAN, H.; Blended aviation biofuel from esterified *Jatropha curcas* and waste vegetable oils. *J Taiwan Inst Chem Eng*, 44:911–916, 2013.
- BRASILINO, M. G. A. Avaliação da estabilidade oxidativa do biodiesel de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e suas misturas ao diesel. João Pessoa: UFPB, 2010. 122p. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, 2010.
- BERCHMANS, H. J., HIRATA, S.; Biodiesel production from crude *Jatropha curcas* L. seed oil with a high content of free fatty acids. *Bioresour Technol.*, 99:1716-1721, 2008.
- EUROPEAN BIOFUELS. A performing biofuels supply chain for EU aviation. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/doc/20130911\\_a\\_performing\\_biofuels\\_supply\\_chain.pdf](http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/doc/20130911_a_performing_biofuels_supply_chain.pdf)>. Acesso em 10 de outubro de 2014.
- IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análises de Alimentos. 4ª. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- KNOTHE, G., GERPEN, J. V., KRAHL, J., RAMOS, L. P.; Manual do Biodiesel 1.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

- LAMAS, A., MARTÍNEZ, M. J. G., AL-LAL, A. M., CANOIRA, L., LAPUERTA, M.; Biokerosene from coconut and palm kernel oils: Production and properties of their blends with fossil kerosene. *Fuel* 102, 483–490, 2012a.
- LAMAS, A., AL-LAL, A. M., HERNANDEZ, M., LAPUERTA, M., CANOIRA, L.; Biokerosene from Babassu and Camelina Oils: Production and Properties of Their Blends with Fossil Kerosene. *Energy Fuels*, 26, 5968–5976, 2012b.
- LIU, G., YAN, B., CHEN, G.; Technical review on jet fuel production. *RenewSustEnergRev*, 25:59-70, 2013.
- MANDARINO, J. M. G. Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos - Londrina: Embrapa Soja - Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; 171, 2001.
- PETROBRÁS. Bioquerosene. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/aviacao/querosene-de-aviacao>>. Acesso em: 10 de outubro de 2014.
- SHU, Q., YANG, B., YANG, J., QING, S.; Predicting the viscosity of biodiesel fuels based on the mixture topological index method. *Fuel*, 86:1849-1854, 2007.
- TEIXEIRA, L. C; Potencialidades de Oleaginosas para produção de biodiesel. *Informe Agropecuário*, 26(229):18-27, 2005.
- UBRABIO. Revista Biodiesel em Foco. Bioquerosene: O Brasil voando mais limpo. Disponível em: <<http://www.ubrabilio.com.br/sites/1800/1891/RevistaBiodieselemFoco/RevistaUbrabilioWeb.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2014.
- WALKER, R. E. (Ed), Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society (Method AOCS Ce 2-66) (4th). American Oil Chemists Society Champaign, 1990.
- ZOU, H., LEI, M.; Optimum process and kinetic study of *Jatropha curcas* oil pre-esterification in ultrasonical field. *J Taiwan Inst Chem Eng.*, 43:730-735, 2012.