



HOLOS

ISSN: 1518-1634

holos@ifrn.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia do Rio Grande do Norte

Brasil

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 Oleífera Lam

HOLOS, vol. 1, 2012, pp. 49-61

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Natal, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549264005>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

## OBTENÇÃO DO BIODIESEL ATRAVÉS DA TRANSESTERIFICAÇÃO DO ÓLEO DE *Moringa Oleífera Lam*

D. S. Oliveira<sup>1</sup>, X. D. S. Fonseca<sup>1</sup>, P. N. Farias<sup>1</sup>, V. S. Bezerra<sup>1</sup>, C. H. C. Pinto<sup>2</sup>, L. D. Souza<sup>2</sup>, A. G. D. Santos<sup>2</sup>, L. G. O. Matias<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Profs. do departamento de Química - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, Mossoró-RN.

<sup>1</sup>Licenciandos em Química - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, Mossoró-RN.

danielequimica@hotmail.com

Artigo submetido em dezembro/2011 e aceito em março/2012

### RESUMO

A *Moringa Oleífera Lam* é uma oleaginosa que tem um grande potencial para a produção de biocombustível no semi-árido nordestino, uma vez que se adapta a várias condições climáticas. A semente produz entre 35 % a 40 % de óleo. O objetivo desse trabalho foi obter o biodiesel através do processo de transesterificação e caracterizar as propriedades físico-químicas do óleo e biodiesel de acordo com as normas estabelecidas pela ANP. O biodiesel foi produzido pela rota

metílica com o catalisador KOH. Os resultados mostraram que a semente de moringa produz óleo em boa quantidade com características físico-químicas adequadas para ser usado como matéria prima na transesterificação para obtenção de biodiesel. O teor de óleo médio encontrado para as sementes de moringa foi de 40 %, fornecendo rendimento de 83,68% em biodiesel e conversão dos ácidos graxos em ésteres metílicos de 99,9 %.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodiesel, Transesterificação, *Moringa Oleífera Lam*.

### GETTING THROUGH THE BIODIESEL OIL TRANSESTERIFICATION *Moringa Oleífera Lam*

### ABSTRACT

The *Moringa Oleífera Lam* is an oil tree which has a great potential for biofuel production in semi-arid, as long as it fits in various weather conditions. The seed produces between 35% and 40% oil. The aim of this study was to obtain biodiesel through the transesterification process and characterize the oil's physical-chemical properties and biodiesel in accordance with the standards established by the ANP. The biodiesel

was produced by methylic route with the catalyst KOH. The results showed that the moringa seed produces oil in good quantity with adequate physical-chemical characteristics to be used as feedstock for transesterification to obtain biodiesel. The average oil content found for moringa seeds was 40%, 83,68% yield of biodiesel and conversion of fatty acids methyl esters of 99,9 %.

**KEY-WORDS:** Biodiesel, Transesterification, *Moringa Oleifera Lam*.

## OBTENÇÃO DO BIODIESEL ATRAVÉS DA TRANSESTERIFICAÇÃO DO ÓLEO DE *Moringa Oleifera Lam*

### 1. INTRODUÇÃO

O petróleo é um elemento de influência nas relações geopolíticas contemporâneas, desde quando se tornou a matriz energética básica da sociedade industrial e um elemento fundamental para o funcionamento da economia moderna.

Considerando-se o petróleo um recurso natural não-renovável, o biodiesel apresenta-se como alternativa energética, devido ao fato de ser um combustível renovável e biodegradável, podendo substituir o diesel mineral sem necessidade de nenhuma modificação nos motores diesel já existentes. (RAMOS, 2003 e BARROS, 2007).

De modo geral, o biodiesel foi definido pela "National Biodiesel Board" dos Estados Unidos como um derivado mono-alquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, proveniente de fontes renováveis como óleos vegetais ou gordura animal cuja utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão. O biodiesel é um biocombustível oriundo da biomassa ambientalmente correto, sucedâneo ao óleo diesel mineral, constituído de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos da reação de transesterificação, esterificação e hidroesterificação de qualquer triglicerídeo derivado de gordura animal ou vegetal com um álcool de cadeia curta. (MEHER, 2006; KNOTHE et al, 2006; QUESSADA., T. P, 2007).

A reação de transesterificação é a etapa da conversão, propriamente dita do óleo ou gordura, em ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, que constitui o biodiesel. Pode-se dizer que o processo de transformação de óleos vegetais ou de gordura animal em biodiesel, por transesterificação, é relativamente simples, mas requer rigor com as características das matérias primas, sobretudo se o objetivo for comercializar um biodiesel que efetivamente atenda às exigências legais do país e do mercado internacional (BELTRÃO, 2008; KRAUSE, 2008).

No Brasil, cerca de 75 % do biodiesel produzido é oriundo do óleo extraído da semente de soja (AGROFEL, 2011), mas as alternativas para produção de óleo são diversas e dependem da espécie cultivada em cada região. No Nordeste, algumas culturas se destacam por serem adaptáveis ao clima semi-árido como é o caso da mamona e do pinhão manso. (SLUSZZ, 2006). Neste contexto, uma planta que tem um grande potencial para a produção de biocombustível no semi-árido nordestino é a *moringa oleifera (Lam)*, pois é uma planta que se enquadra em todas as características citadas. Ela é uma planta pertencente à família (*Moringaceae*), que é composta por apenas um gênero (*Moringa*) e quatorze espécies conhecidas, nativa do Nordeste da Índia, é cultivada por vários povos do Oriente por seu alto valor alimentar, medicinal, industrial e aplicabilidade no tratamento de águas para o consumo humano (RANGEL, 2010). A árvore é considerada uma das mais úteis para o ser humano, visto que praticamente todas as suas partes podem ser utilizadas para algum fim.

A *moringa oleifera (Lam)* é uma árvore especial, não apresenta dificuldades quaisquer que sejam os métodos escolhidos para a sua propagação, pode ser pelo plantio direto, produção de mudas a partir de sementes ou de estacas, podendo ser plantada em elevadas altitudes até 2000 metros de altura. Adaptam-se bem as condições climáticas tanto do clima semi-árido como sub-úmido, não sendo necessários altos volumes pluviométricos por ano, é tolerante à seca e produz boa quantidade de óleo. (ESPLAR 2006). A planta não

apresenta exigências específicas em termos de tipos de solos a não ser a impossibilidade de se desenvolver em solos encharcados.

A idade da árvore na primeira frutificação é variável, em geral, considera-se que a moringa oleifera (*Lam*) frutifica no primeiro ano nas condições ideais de manejo. Nas regiões semi-áridas da África, a mesma frutifica a partir do segundo ano de vida. A produção das sementes apresenta grandes variações, esse fato está ligado ao manejo da planta, a disponibilidade de água e ao clima podendo chegar a produzir entre 20 a 24 mil sementes por planta com os devidos cuidados adequados. A semente desta árvore produz um óleo amarelo claro de alta qualidade, similar em qualidade ao azeite de oliva, que pode ser de 35 % a 40 % da massa total da semente (RURAL BIOENERGIA, 2010).

Levando-se em consideração que depois da extração do óleo da semente de moringa oleifera (*Lam*), a torta restante não é tóxica e não perde suas propriedades de coagulação, podendo ser usada como decantador no tratamento de água para o consumo humano (RANGEL, 2010) e como alimentação de animais graças as suas vitaminas e minerais existentes tanto na torta restante da extração como nas folhas e flores da planta, este recurso natural pode ser importante para a economia regional. Com a plantação em alta escala da moringa, pode-se também reduzir o índice de gás carbônico existente no ar. Pela produção intensiva de flores e sementes, estudos recentes recomendam seu plantio para extração de óleo das sementes para produção de biodiesel (RURAL BIOENERGIA, 2010). Outros autores tem obtido óleos e biodiesel de moringa e estudado sua qualidade. (AGUIAR, 2009; BELTRÃO E OLIVEIRA, 2008; MONTEIRO, 2007)

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Combustível (ANP), conforme a resolução nº 7/2008, Anexo 1/2008, que trata da qualidade do biodiesel produzido, estabelece padrões de qualidade que devem ser obedecidos; (ANP, 2011). Para verificar estes parâmetros é necessário monitorar varias propriedades e verificar se as mesmas estão obedecendo à legislação. (REI, P. A. G. V, 2007)

Assim o objetivo desse trabalho foi extrair e caracterizar o óleo da moringa e baseado em suas características físico-químicas, sintetizar o seu biodiesel através do processo de transesterificação básica do óleo, bem como caracterizar as propriedades físico-químicas do biodiesel de acordo com as normas estabelecidas e verificar se o mesmo se enquadra dentro dos padrões de qualidade exigidos.

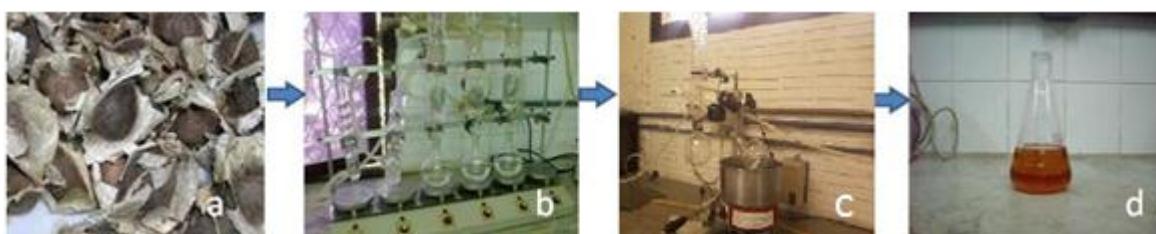
## 2. METODOLOGIA

### 2.1. EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE *MORINGA OLEÍFERA LAM*

Inicialmente as sementes de *Moringa Oleífera Lam* foram coletadas no Campus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) - Mossoró/RN. Antes da extração as sementes passaram por um processo de limpeza e tratamento. As sementes ficam encapsuladas numa casca sobre a amêndoas que foi retirada com a ajuda de uma espátula. Em seguida, as sementes foram colocadas na estufa para secagem durante 5 horas a temperatura de 105°C (tempo necessário para retirada de toda a umidade das sementes). Após serem secas as sementes foram trituradas e postas em papel de filtro que foram fechados para formarem saches para posterior extração do óleo.

A extração foi realizada com o método Soxhlet utilizando como solvente o hexano, em um sistema de refluxo, por 6 horas. O óleo foi separado do solvente com um evaporador rotativo a pressão reduzida e purificado por secagem na temperatura de 65°C por 24 horas, como pode ser observado na Figura 1. O rendimento do óleo no processo foi definido como sendo a massa de óleo extraído em função da massa de semente de moringa usada na extração.

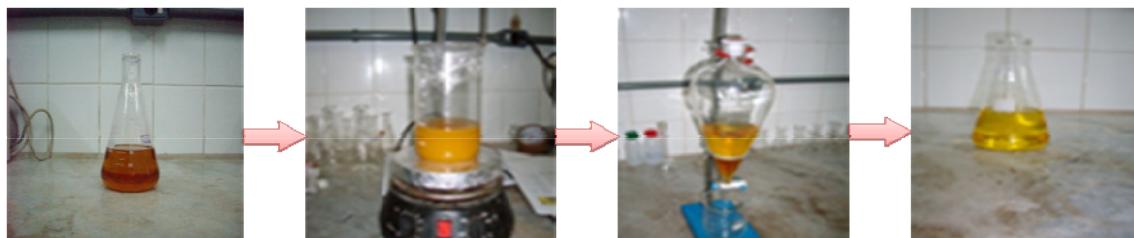
$$R(\%) = \text{Massa de óleo} \times 100 \div \text{massa da semente inicial} \quad (\text{equação.1})$$



**Figura 1: Etapas de obtenção do óleo de moringa oleifera a) Semente de moringa oleifera b) Sistema soxhlet c) Evaporador rotativo d) Óleo de moringa.**

## 2.2. OBTENÇÃO DO BIODIESEL DE *MORINGA OLEÍFERA LAM*

O óleo de *Moringa oleifera Lam* que foi seco na estufa durante 24 horas para a retirada de água residual foi usado na síntese do biodiesel. A reação foi feita a temperatura ambiente durante 4 horas utilizando uma razão de álcool/óleo de 6:1, sendo 70 g de álcool para cada 200 g de óleo, e 1 % do Hidróxido de potássio (KOH), como catalisador básico. Ao término da reação transferiu-se a mistura para um funil de decantação, com o intuito de separar as fases. Após 1 hora em repouso observou-se nitidamente duas fases, a menos densa contendo os ésteres metílicos (biodiesel) e outra mais densa o glicerol (glicerina), as impurezas e os reagentes em excesso. Depois de 24 horas em repouso a segunda fase foi removida do balão restando apenas os ésteres metílicos, como pode ser observado na Figura 2, este foi lavado com água morna. Para a avaliação do processo de lavagem foi realizado a medida do pH utilizando fenolftaleína para observar a coloração da água de lavagem que inicialmente tinha coloração rosa e que, posteriormente, com as sucessivas lavagens ficou incolor, sendo finalizada a lavagem neste momento. Em seguida o biodiesel foi seco em uma estufa a 100°C para eliminar umidade residual.



**Figura 2: Etapas do processo de obtenção do Biodiesel a) Óleo de Moringa b) Transesterificação c) Separação das fases d) B100**

O óleo e o biodiesel de moringa (B100) foram caracterizados segundo o Regulamento Técnico da ANP nº 1/2008 contida na resolução nº 7/2008 de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), das normas internacionais “American Society for Testing and Materials” (ASTM), da “International Organization for Standardization” (ISO) e do “Comité Européen de Normalisation” (CEN). As análises foram realizadas em triplicata no laboratório de físico-química da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e o resultado final foi obtido fazendo a média aritmética das análises individuais. As propriedades analisadas foram:

### 2.3 Índice de Acidez

Na determinação do índice de Acidez, pesou-se 2 g da amostra em um erlenmeyer e adicionou-se 25 mL de solução de éter com álcool (2:1) previamente neutralizada com uma solução de hidróxido de sódio 0,1 N. em seguida, foram adicionadas 2 gotas do indicador fenolftaleína e titulou-se com solução de NaOH 0,1 N até atingir a coloração rósea.

O cálculo de índice de acidez foi realizado segundo a *Equação 2*.

$$IA = \frac{(Va - Vb) \times c \times 5,61}{m} \quad (\text{equação. 2})$$

Em que  $IA$  é o índice de acidez,  $Va$  é o volume em (mL) da solução de NaOH 0,1 N gastos na solução;  $Vb$  é o volume em (mL) da solução de NaOH 0,1 N gastos na solução do branco;  $c$  é o fator de correção da solução de NaOH e  $m$  é a massa em (g) da amostra; (SANTOS, 2010).

O índice de acidez alto tem um efeito bastante negativo no que se diz respeito a qualidade do óleo por que prejudica a reação via catalise básica exigindo maiores quantidades de catalisador, a elevada acidez livre no combustível tem ação negativa sobre os componentes metálicos do motor aumentando a taxa de corrosão dos mesmos.

### 2.4 Viscosidade Cinemática

Para a análise da viscosidade usou-se um viscosímetro segundo a norma ASTM D445, no qual se colocou 70 mL da amostra no aparelho para aquecer até a temperatura desejada. A temperatura das amostras foi controlada com um termômetro de mercúrio e a temperatura do óleo de aquecimento foi controlada pelo sistema de aquecimento do aparelho. Após o

equilíbrio ser atingido, fizeram-se as análises medindo-se, em um cronômetro e medindo-se o tempo de escoamento da amostra no furo universal na temperatura de análise.

Com base na Viscosidade Sayboult Universal (SSU), calculou-se a viscosidade cinemática, segundo a equação 3:

$$VCC = 0,224 \times (SSU) - 185; \text{ para } 34 \leq SSU < 115 \quad (\text{equação.3})$$

## 2.5 Massa específica

Segundo SANTOS (2010), A densidade é uma propriedade importante e um alto valor pode ser indicativo para restringir a utilização de algum material como matéria-prima para a produção de biodiesel. As medidas foram realizadas em um tensiômetro TD 1 LAUDA devidamente calibrado com água, conforme o manual de operação do aparelho.

## 2.6 Tensão Superficial

A tensão superficial é a força que existe na superfície de líquidos em repouso. As medidas foram realizadas em um tensiômetro TD 1 LAUDA devidamente calibrado conforme o manual de operação do aparelho.

## 2.7 Água e Sedimentos

A determinação do teor de água e sedimento é feita segundo a norma da ASTM D445. Para a medida utilizou-se uma quantidade de 100 mL da amostra em um tubo de escala legível para até 0,005 mL centrifugando o tubo numa força centrifuga relativa a 800 RCF durante 10 min em uma centrífuga da marca BE-4004-28. Em seguida observou-se na ponta do tubo o volume de água ou sedimento presente na amostra. O valor máximo permitido pela ANP para a água e sedimento contidos no biodiesel é de 0,050%.

## 2.8 Índice de Saponificação

A determinação do índice de saponificação pesou-se 2 g da amostra em um erlenmeyer e adicionou-se 20 mL de solução alcoólica de hidróxido de potássio a 4%. Em seguida, adapta-se o erlenmeyer em um condensador de refluxo e aquece-se até a ebulição branda por 30 min. Posteriormente, adiciona-se 2 gotas do indicador fenolftaleína e em seguida titula-se a quente com solução de ácido clorídrico 0,5 N até o desaparecimento da coloração rosa.

O cálculo para a determinação do índice de saponificação é baseado na equação 4.

$$IS = \frac{(VA - VB) \times Ctx28}{m} \quad (\text{equação. 4})$$

Onde: IS é o índice de saponificação de Koettstorfer, VA é o volume em mL do HCl 0,5 N, gasto na titulação da amostra; VB é o volume em mL do HCl 0,5 N gasto na titulação da

solução do solvente (Branco);  $C_t$  é a concentração da solução de HCl ;  $m$  é a massa (mg) da amostra.

## 2.9. Termogravimetria (TG / DTG)

Também foi feita Análise Termogravimétrica do óleo e do Biodiesel usando uma termobalança modelo TGA 50 da Shimadzo. As análises foram feitas iniciando-se a 25 °C e indo até 550 °C, a uma razão de aquecimento 10 °C/min, sob atmosfera inerte de nitrogênio, com vazão de 25 mL/min. Foi utilizado cadrinho de platina e as massas das amostras foram de aproximadamente 5,0 mg.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1. Teor de óleo e Rendimento da reação de transesterificação

O teor de óleo médio encontrado para as sementes de moringa foi de 40%, o que excede sensivelmente o teor encontrado na literatura para outras oleaginosas como soja e algodão, como pode ser observado na Tabela 1 que mostra os valores médios encontrados para diversas oleaginosas. Dessa forma, estes valores indicam que esta oleaginosa tem um bom potencial para fornecer óleo para a produção de biodiesel. A baixa viscosidade, o baixo índice de acidez e a ausência de água e impurezas como apresentado na tabela 2 indicaram um óleo de boa qualidade para a síntese básica e deram indícios das condições de reação a serem adotadas como a razão de álcool para óleo de 6/1 e o tempo de reação de 4hs.

**Tabela 1. Teor de óleo de oleaginosas e gordura animal com potencial de uso energético**

Óleos e gorduras	Conteúdo do Óleo em (%)
Gordura animal	100
Dendê	20
Abacate	7,0 - 35,0
Coco	55,0 - 60,0
Babaçu	66,0
Girassol	38,0 - 48,0
Colza/Canola	40,0 - 48,0
Mamona	43,0 - 45,0
Amendoim	40,0 - 43,0
Soja	17,0
Algodão	15,0

**Fonte:** KRAUSE (2008)

Nessas condições a transesterificação do óleo de moringa em meio básico foi bastante satisfatória dando rendimento de 83,68% em biodiesel, através do método

gravimétrico, mesmo com a reação não sendo otimizada. Este rendimento se aproxima de outras oleaginosas como “algodão 92,2 %, girassol 98,6 % e ultrapassa o valor encontrado para o dendê de 74,8%” (SANTOS, 2010).

O rendimento do biodiesel foi calculado como sendo a massa de biodiesel pesada depois da reação em função da massa de óleo empregada na transesterificação, (Rendimento (%)) = Massa biodiesel \* 100/ Massa óleo empregada).

A tabela 2 apresenta o teor de óleo, o rendimento e a caracterização físico-química do óleo e do biodiesel de moringa.

**Tabela 2. Teor de óleo, rendimento e propriedades físico-químicas do óleo e do biodiesel metílico de moringa oleifera Lam.**

Caracterizações	Óleo de Moringa	Biodiesel de Moringa	Limites ANP
<b>Teor de Óleo (%)</b>	40	-	NC*
<b>Rendimento do Biodiesel (%)</b>	-	83,68	NC*
<b>Índice de acidez (mg KOH/g)</b>	0,047	0,028	0,5
<b>Índice de saponificação (mg KOH/g)</b>	182,39	190,73	NC*
<b>Densidade (g/dm3)</b>	886	887	875-900
<b>Viscosidade (Cst)</b>	33,24	13,56	3,0-6,0
<b>Tensão superficial (mN/n)</b>	29,8	28,7	NC*
<b>Água e sedimentos (%)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,050</b>

\* (NC) Não Cita.

### 3.2. VISCOSIDADE

No óleo a viscosidade é parâmetro de referência que ajuda na determinação do tempo de reação de transesterificação, sendo que uma viscosidade elevada aumenta o tempo da síntese. O baixo valor encontrado em comparação com a de outros óleos estudados pelos mesmos autores indicaram o tempo de reação de 4 h usado. (SOUZA et al., 2010a, 2010b, 2011a e 2011b)

Como pode ser analisado na Tabela 2, o biodiesel apresentou valores de viscosidade acima da norma estabelecida pela ANP que é de 3,0-6,0 (Cst), tal valor é influenciado pelas propriedades do ácido oléico (C18:1), ácido graxo presente em grande quantidade no óleo de moringa que promove as interações intermoleculares como forças Van der Walls que se acentuam devido a molécula possuir uma grande massa molecular, contribuindo para o aumento do tempo de escoamento do biodiesel. No entanto, foi observada uma redução significativa na viscosidade em relação ao óleo natural, essa diminuição está relacionada à reação de transesterificação do óleo, sendo que o principal objetivo desta reação é diminuir este parâmetro. Neste sentido foi observada uma redução significativa na viscosidade em relação ao óleo *in natura*. Além disso, a molécula apresenta uma insaturação com

conformação cis característica de ácidos graxos (ALLINGER et al., 1978) o que pode ajudar a diminuir a viscosidade devido o enfraquecimento das forças de dispersão e ao empacotamento das moléculas que é melhorado pela rigidez que essa conformação impõe a molécula. Devido a isso os valores encontrados para a viscosidade do biodiesel são baixos em relação ao óleo. Mesmo assim, o valor alto impõe cuidados e restrições ao uso direto do biodiesel de moringa, podendo ser usado em misturas nos motores ciclo-diesel.

### **3.3. MASSA ESPECÍFICA**

Da mesma forma que a viscosidade e pelos mesmos motivos estruturais, a densidade também é influenciada pelas propriedades do ácido oléico. A configuração do ácido oléico diminui tanto a área de contato entre as moléculas como as forças atração secundárias (ligações hidrogênio e dispersão), o que dificulta a agregação entre as mesmas e impede o empacotamento pelo aumento do espaço entre as moléculas, resultando em aumento da densidade. Isto, no entanto, é compensado pelo aumento da rigidez da cadeia que facilita o empacotamento e o resultado final é refletido na densidade. No biodiesel o decréscimo das ligações de hidrogênio causado pela esterificação resulta em um ligeiro aumento de densidade. Com respeito à legislação, os resultados mostraram que tanto o óleo de moringa, como o biodiesel, apresentaram densidade dentro das normas estabelecidas. Ele pode ser usado como combustível, apesar que a alta densidade pode causar problemas relacionados com a injeção do combustível no motor prejudicando seu desempenho (SANTOS, 2010).

### **3.4. TENSÃO SUPERFICIAL**

Considerou-se que apesar de não existir um padrão normalizado para a tensão superficial, o seu valor foi considerado alto para óleo e o biodiesel de moringa, sendo o valor mais elevado no óleo, devido à presença de ligações de hidrogênio que este possui. Assim as interações intermoleculares se tornam mais fortes, significando que será necessária uma maior temperatura para romper as forças e assim permitir que as moléculas deixem o estado líquido e passem para o vapor. O valor alto de tensão superficial implica em dificuldades de volatilizar o combustível que resultam em aumento da temperatura de funcionamento do motor e podem resultar em diminuição da vida útil do mesmo. Valores altos se caracterizam, portanto, em resultado insatisfatório, tendo em vista que, uma menor tensão superficial facilita a volatilização do combustível proporcionando uma queima mais completa, diminuindo a possibilidade de formação de resíduos sólidos (fuligens) que podem prejudicar o funcionamento do motor e são ambientalmente ruins.

### **3.5. TEOR DE ÁGUA E SEDIMENTOS**

Os resultados, tanto para o óleo, como para o biodiesel não apresentaram água e sedimentos, o que é muito bom. Com relação ao óleo, traços de água residual podem promover reações indesejadas, como hidrólise promovida pela água, o que pode resultar em ácidos graxos livres aumentando a acidez do sistema e saponificação dos ácidos graxos, prejudicando o rendimento da reação. Dessa forma, o óleo por apresentar ótimo resultado pode ser usado sem problemas na obtenção de biodiesel. Já sua presença no biodiesel aumenta a acidez do combustível e pode assim, aumentar a sua corrosividade.

### 3.6. ÍNDICE DE ACIDEZ

Os valores obtidos no índice de acidez para o biodiesel de moringa estão dentro da especificação que é de 0,5 mg de KOH/g. Comparando com o óleo, observou-se que o valor apresentado é bem menor. Dessa forma, observa-se que tanto o óleo como o biodiesel são pouco corrosivos aos componentes metálicos presentes no motor. Um baixo índice de acidez para o óleo minimiza as reações indesejadas como a saponificação dos ácidos graxos livres promovida pelo meio básico do catalisador durante a reação.

### 3.7. ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO

O índice de saponificação do óleo de moringa foi de 182,39 mg KOH/g e é menor em comparação com o do biodiesel que foi de 190,73 mg KOH/g. Os resultados são semelhantes aos encontrados para outras oleaginosas de composição semelhante (PEREIRA E COLABORADORES, 2010).

### 3.8. TERMOGRAVIMETRIA (TG/DTG)

As curvas TG/DTG do óleo e do biodiesel podem ser visualizadas nas figuras 3 e 4, respectivamente. Pode-se observar que o óleo de *Moringa Oleifera Lam* apresentou três eventos térmicos, o primeiro a uma temperatura máxima de 91,4°C ocorre devido o óleo conter pequena quantidade de água residual, o segundo ocorre a uma temperatura de 410,7°C, sendo o maior evento, e, provavelmente, se deve à decomposição do ácido graxo majoritário e o terceiro na temperatura de 450°C, pode ser atribuído a ácidos graxos minoritários de maior massa molar e ou impurezas existentes no óleo. Com relação a curva termogravimétrica do biodiesel, observou-se que houve uma única perda quando atingiu à temperatura de 229,4°C, que pode ser atribuída à volatilização e/ou decomposição dos ésteres metílicos constituintes do material. O resultado mostra que de acordo com Santos (2010a) a conversão foi de 99,9% de triglicerídeos em ésteres metílicos. Este valor é bem maior que o rendimento obtido na reação o que é um indício de que o pico de maior temperatura no termograma do óleo deve ser devido a impurezas que não reagiram.

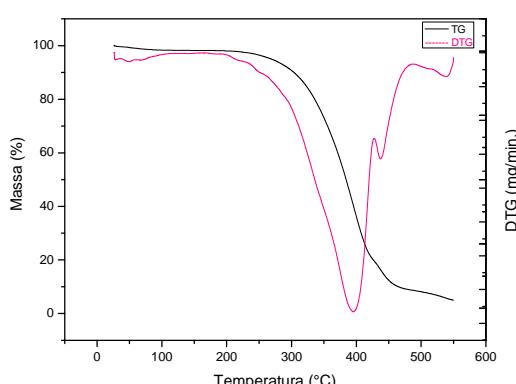


Figura 3- Termogramas do óleo

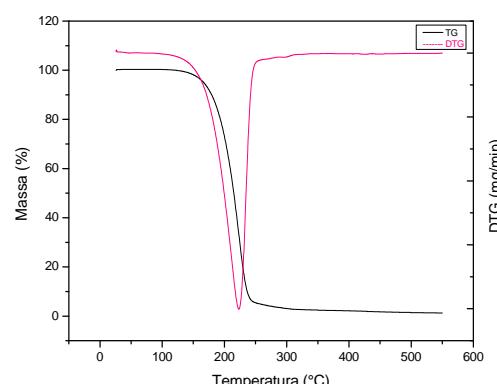


Figura 4- Termogramas do biodiesel

#### 4. CONCLUSÕES

- ✓ Os resultados mostraram que a semente de *Moringa Oleífera Lam* produz óleo em boa quantidade (40%) e com boas características físico-químicas para ser usado como matéria prima na transesterificação básica para obtenção de biodiesel.
- ✓ A transesterificação do óleo de *Moringa Oleífera Lam* em biodiesel (B100) metílico foi bastante satisfatória tendo rendimento de 83,68% e 99,9% de conversão como constatado pela análise termogravimétrica.
- ✓ As características físico-químicas massa específica, água, sedimentos e índice de acidez para o biodiesel de moringa apresentaram-se de acordo com as normas da Resolução nº 07/2008 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).
- ✓ A viscosidade do biodiesel está acima do permitido pela legislação.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em:< [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>. Acesso em: 25 dez. 2010 .
2. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. RESOLUÇÃO nº 7, de 19/03/2008-DOU-20/03/2008. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel.asp>>. Acesso em: 21 nov. 2011.
3. AGUIAR, R. T.; **Estudo Físico-químico e Térmico do Biodiesel Etílico Feito com Óleo de Moringa Oleifera**. ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA, Aracajú. SE. 2009.
4. ALLINGER, N. L.; CAVA, M. P.; JONGH, D. C.; JOHNSON, C. R.; LEBEL, N. A.; STEVENS, C. L.; **Química Orgânica**, Ed. Guanabara: Rio de Janeiro, v16 p 964, 1978.
5. BARROS, E. V; **Matriz Energética Mundial e a Competitividade das Nações: Bases de uma Nova Geopolítica**. ENGEVISTA, v9, n.1, p. 47-56, 2007.
6. BRASIL. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis /** Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro: ANP, 2008.
7. BELTRÃO, N. E. M. E OLIVEIRA, M. I. P. - EMBRAPA ALGODÃO. **Oleaginosas e seus óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel**. Campina Grande, 2008.
8. European Biodiesel Board-EBB. Disponível em: <[http://translate.google.com.br/translate?hl=pt-BR&sl=en&u=http://www.ebb-eu.org/&ei=c4m0TOVayOC8gb\\_rJyPDA&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CQMq7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3Dhttp://www.ebbeu.org/media.php%26hl%3Dpt-BR%26biw%3D1024%26bih%3D577](http://translate.google.com.br/translate?hl=pt-BR&sl=en&u=http://www.ebb-eu.org/&ei=c4m0TOVayOC8gb_rJyPDA&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CQMq7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3Dhttp://www.ebbeu.org/media.php%26hl%3Dpt-BR%26biw%3D1024%26bih%3D577)>. Acesso em: 12 out. 2010.

9. Agrofel, soja ainda é a principal matéria-prima. Disponível em: <<http://www.agrofel.com.br/noticia.php?id=246>>. Acesso em: 22 nov. 2011.
10. ESPLAR; **Moringa**. Disponível em: <<http://www.esclar.org.br/publicacoes/moringa.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2011.
11. KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. Manual de Biodiesel. São Paulo: Edgard Blücher, v 16 , p 340 , 2006.
12. KRAUSE, L. C. **Desenvolvimento do Processo de Produção de Biodiesel de Origem Animal**. 2008. f. 147 tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, 2008.
13. MEHER, L. C.; SAGAR, D. V.; NAIK, S. N.; Renew. Sustain. Energy Ver, v 10, p 248, 2004.
14. MONTEIRO, J. M. G.; **Plantio de Oleaginosas por Agricultores Familiares do Semi-árido Nordestino para Produção de Biodiesel como uma Estratégia de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas**. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro- RJ - 2007.
15. NATIONAL BIODIESEL BOARD. In: **Congresso Internacional de Biocombustíveis Líquidos**, 1998, Curitiba. Anais... Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná; Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, 1998.
16. QUESSADA., T. P.; **Obtenção de Biodiesel a partir de óleo de Soja e Milho Utilizando Catalisadores Básicos e Ácido**. Londrina-PR. 2007.
17. RANGEL, M. S. **Moringa Oleifera**: um purificador natural de água e complemento alimentar para o nordeste do Brasil. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresfolhas/A10moringa.htm>>. Acesso 10 maio. 2011.
18. REI, P. A. G. V.; **Procedimentos laboratoriais para o controlo da qualidade do Biodiesel**. Universidade Técnica Lisboa. Lisboa-Portugal 2007.
- RURAL BIOENERGIA. Disponível em: <<http://www.ruralbioenergia.com.br/default.asp?tipo=1&secao=moringa.asp>> Acesso em: 02 Nov. 2011.
19. RURAL BIOENERGIA. Disponível em: <<http://www.ruralbioenergia.com.br/default.asp?tipo=1&secao=moringa.asp>> Acesso 02 dez. 2010.
20. SANTOS, A. G. D. **Avaliação da estabilidade térmica do biodiesel de algodão, girassol, dendê e sebo bovino**. Dissertação (Mestrado em Química), UFRN, Natal, RN 2010.
21. ARAUJO, A. M. M ; COSTA, E. J. P ; MATIAS, L. G. O ; SOUZA, L.D; SOUZA, F. S. Jr . **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO E DO BIODIESEL DE PINHÃO MANSO CATALISADO POR IODO SUBLIMADO**. Química no Brasil, v. 4, p. 21-26, 2011.

22. SANTOS, A. G. D. ; CALDEIRA, V. P. S. ; FARIA, M. F. ; ARAÚJO, A. S. ; SOUZA, L.D.; BARROS, Allan K. **Characterization and kinetic study of sunflower oil and biodiesel. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 106, p. 747-751, 2011.
23. SOUZA, L.D.; ADILSON, B ; ARAUJO, A. M. M ; EVANGELISTA, COSTA,J. P. ; MATIAS, L. G. O . **Produção e caracterização físico-química de biodieselis via catalise heterogênea utilizando Iodo sublimado. Química no Brasil**, v. 4, p. 234, 2010.
24. ARAUJO, A. S. ; SOUZA, L.D. ; SANTOS, A. G. D ; CALDEIRA V.P.S. **Model-free kinetics applied to volatilization of Brazilian sunflower oil, and its respective biodiesel, Thermochimica Acta (Print)**, v. 1, p. 1-14, 2010.
25. SLUSZZ, T. M; J. A. D. **Características das potenciais culturas matérias-primas do biodiesel e sua adoção pela agricultura familiar. XLIV CONGRESSO DA SOBER.** Fortaleza-CE. 2006.