



## OTIMIZAÇÃO DA SÍNTESE DO BODIESEL DE GIRASSOL UTILIZANDO MISTURAS DE METANOL E ETANOL

José Fabiano da Rocha Silva<sup>1A</sup>, Lailson Suelisson de Almeida Silva<sup>1</sup>, Denise Domingos da Silva<sup>1A</sup>, Marta Maria da Conceição<sup>2A</sup>, Antônio Gouveia de Souza<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universidade Federal de Campina Grande – <sup>A</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência Naturais e Biotecnologia- [fabianoufcg@hotmail.com](mailto:fabianoufcg@hotmail.com).

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba – CTDR - [martamaria8@yahoo.com](mailto:martamaria8@yahoo.com).

<sup>3</sup>Universidade Federal da Paraíba – CCEN-[gouveia@quimica.ufpb.br](mailto:gouveia@quimica.ufpb.br).

### RESUMO

O etanol e o metanol são os alcoóis mais utilizados na produção de biodiesel, o etanol tem a vantagem de ser obtido de fonte renovável, mas sua utilização na produção de biodiesel apresenta desvantagem pelo fato de ser higroscópico, induzindo parte da reação de transesterificação por catalise alcalina a formar sabões. O trabalho objetiva otimizar a síntese do biodiesel de girassol utilizando misturas de metanol/etanol para promover o maior rendimento da reação de transesterificação. Foi observado que quanto maior a quantidade de metanol na mistura maior o rendimento e mais rápida a separação. O metanol possui cadeia carbônica mais curta e a glicerina tem menor dispersão no metanol. A maior concentração de etanol favoreceu a formação de sabões e dificultou a separação do biodiesel da glicerina devido à maior interação do etanol com a glicerina. Na síntese que obteve maior rendimento o biodiesel foi submetido à centrifugação e verificou-se que acelerou a separação da glicerina quatro vezes em relação à decantação comum. É necessário executar de maneira eficiente a remoção da glicerina, catalisador e outras impurezas para obter maior rendimento e biodiesel de melhor qualidade.

**Palavras-chave:** Misturas, Etanol, Metanol, Biodiesel, Girassol.

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as mudanças climáticas associadas à liberação de gases da queima de combustíveis fósseis, o alto preço internacional do petróleo e a preocupação com o desenvolvimento sustentável começam a retomar a intenção original R. Diesel, que é o emprego de óleos vegetais (biocombustíveis) aos motores movidos a óleo mineral. [NORO, et al. 2012]. Segundo a Lei nº 11.097/05, biocombustível é definido como um combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a

combustão interna ou, conforme regulamento para outro tipo de geração de energia que possa substituir parcial ou totalmente, combustível de origem fóssil. [BRASIL, 2005].

A emissão de CO<sub>2</sub> a partir da queima de combustíveis fósseis tem causado um aumento do efeito estufa, marcada como causa das intensas alterações climáticas nos últimos anos. Essas alterações climáticas são uma realidade em todo o mundo e a sua grandeza e rapidez são cada vez mais evidentes. É necessário que todos os setores se adaptem e reduzam as emissões. [AEA, 2013].



O biodiesel é um biocombustível derivado de fontes renováveis, como os óleos vegetais e o etanol. São ésteres de ácidos graxos, obtidos a partir da reação de transesterificação de óleos ou gorduras de origem animal ou vegetal, reagindo com um tipo de álcool, os mais utilizados são o metanol ou etanol e um catalisador básico ou ácido.

A reação de transesterificação tem características reversíveis e o agente transesterificante. Segundo Solomons [2006] a transesterificação ocorre entre um éster e um álcool, com formação de outro éster e outro álcool. Há uma fase mais densa, composta por glicerina bruta, excessos de álcool, água e impurezas inerentes ao óleo, em quanto que a fase menos densa, o biodiesel, constitui-se de uma mistura de ésteres etílicos ou metílicos dependendo do álcool usado, [OLIVEIRA et al, 2008].

O objetivo do trabalho foi propor mistura de álcoois para otimizar a síntese do biodiesel de girassol pela reação de transesterificação com catalise básica, aumentando o rendimento do biodiesel e diminuindo o tempo de separação das fases.

## 2. METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, situado no campus de Cuité/CES.

### 2.1. Matéria-prima

A matéria prima para produzir o biodiesel pode ser óleos provenientes de plantas oleaginosas como soja, mamona, dendê, milho, girassol, óleos vegetais já utilizados ou gordura animal [ESCOBAR et al, 2009].

A matéria prima utilizada para esse experimento foi o girassol (*Helianthus annuus L.*), planta da família *Compositae*, é nativa da América do Norte

e atualmente cultivada em todos os continentes, em áreas que atingem aproximadamente 18 milhões de hectares. No Brasil a produção de girassol e o consumo do óleo vêm crescendo significativamente. [NIMET, 2011].

A semente de girassol possui cerca de 47% de material graxo e depois de prensada a semente de girassol pode render de 35-45% de conteúdo de óleo. As sementes de girassol são processadas inteiras e à temperatura ambiente, aquecendo o grão dentro da prensa facilitando a extração do óleo [OLIVEIRA et al, 2004].

Óleo com baixo índice de acidez favorece a produção de biodiesel, pois acidez elevada do óleo o torna impróprio para a produção de biodiesel por transesterificação. O óleo de girassol refinado apresentou acidez de 0,3g ácido/100g de óleo.

### 2.2. Propriedades químicas.

#### 2.2.1. Índice de acidez.

É o número de miligramas de hidróxido de potássio (KOH) necessários para neutralizar os ácidos graxos livres de um grama de gordura. A acidez livre de uma gordura esta relacionada com a natureza da qualidade da matéria-prima, com a qualidade e o grau de pureza do óleo, com o processamento e principalmente com as condições de conservação. [GONÇALVES et al. 2009]. O índice de acidez do óleo deve ser de no máximo 1 mg KOH/g para que atenda a norma estabelecida pela ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

O procedimento adotado para determinação do índice de acidez prosseguiu da seguinte forma: foi adicionado em um erlenmeyer de 125 ml, 2g da amostra de óleo de girassol, em seguida 25 ml da solução de Éter etílico/Álcool etílico razão 2:1, neutra e em seguida agitado. Acrescido 2 gotas de



fenolftaleína 1% ao erlenmeyer com a amostra e a solução e titulado com NaOH 0,1 mol/L até uma coloração rosa persistente por mais de 30 segundos. [MORETTO, 1998].

Repetido a operação 3 vezes a fim de se obter uma média. O cálculo do índice de acidez foi feito usando a equação [1]:

$$\text{Í.A.} = \frac{V \times f \times 5,61}{P} = \text{mg KOH/g} \quad [1]$$

Onde:

- V = número de ml de solução de NaOH gasto na titulação;
- f = fator de correção do NaOH;
- P = número de gramas da amostra;
- 5,61 = equivalente grama do NaOH (solução 0,1 mol/L).

### 2.2.2. Índice de saponificação.

É o número de miligramas de hidróxido de potássio (KOH) necessários para saponificar um grama de gordura. Os ácidos graxos livres aumentam o índice de saponificação e quanto mais alto for o índice de saponificação menor o rendimento do biodiesel. [MORETTO, 1998]. A ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, especifica uma faixa valores médios permitidos de 188 – 194 mg de KOH/g. [ANVISA, 1999]. Ainda segundo Moretto et al, [1998], quanto maior o nível de saponificação menor o rendimento do biodiesel e maior a produção de sabão.

A determinação do índice de saponificação foi realizada segundo Moretto [1998], que em um balão de fundo redondo de 100 ml, foi adicionado 2g da amostra de óleo de girassol. Em seguida, 20 ml da solução alcoólica de Hidróxido de Potássio - KOH, a 4%. O frasco de erlenmeyer foi adaptado a um sistema de refluxo. A amostra foi aquecida até ebulição branda, durante 30 minutos.

Resfriado e adicionado 2 gotas de indicador fenolftaleína 1%. Foi Titulado com ácido clorídrico 0,5 mol/L até a coloração rosa desaparecer. O processo foi repetido 3 vezes a fim de obter uma média.

Para o teste do branco, foram repetidos os passos anteriores sem adição da amostra de óleo. (o teste do branco não foi necessário à repetição em triplicata).

Calcule o índice de saponificação com a diferença entre os números de ml de HCl gastos nas titulação da amostra e na titulação do branco é equivalente à quantidade de KOH gasto na saponificação. É feito segundo a equação [2]:

$$\text{I.S.} = \frac{(v - V) \times f \times 28}{P} = \text{mg KOH/g} \quad [2]$$

Onde:

- (v - V) = diferença entre o nº de ml de HCl gasto nas duas titulações;
- v = volume gasto na titulação da amostra;
- V = volume gasto na titulação do branco;
- f = fator de correção da padronização do HCl;
- P = número de gramas da amostra;
- 28 = equivalente grama do HCL (solução 0,5 mol/L).

### **2.3. Espectroscopia de absorção na região do infravermelho**

Os espectros de absorção na região do infravermelho foram obtidos em espectrofotômetro marca Shimadzu, modelo IR Prestige, utilizando o suporte de amostra: ATR de mono reflexão com cristal de ZnSe na faixa de 4000-650 cm<sup>-1</sup>.



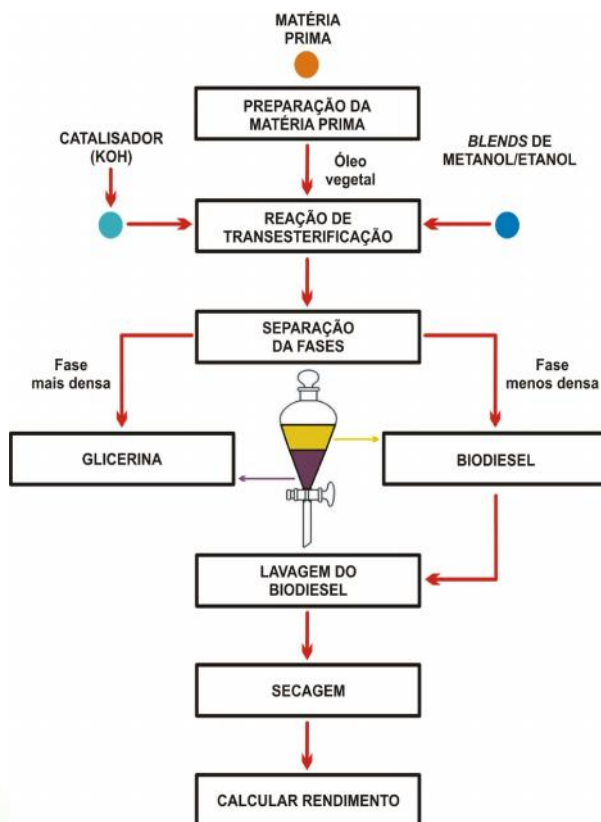
## 2.4. Síntese do biodiesel.

As reações de transesterificação foram realizadas na razão molar 1:9 óleo/álcool (tabela 1) e obedecendo às misturas dos álcoois, estabelecidas na tabela 1, 1% de catalisador KOH e 100 gramas de óleo de girassol. (fluxograma 1).

**Tabela 1:** Proporções das misturas.

Síntese	Etanol (%)	Metanol (%)	Em gramas (g)	
			Etanol	Metanol
I	100	-	30	-
II	90	10	27	03
III	80	20	24	06
IV	70	30	21	09
V	60	40	18	12
VI	40	60	12	18
VII	30	70	09	21
VIII	20	80	06	24
IX	10	90	03	27
X	-	100	-	30

**Fluxograma 1:** Síntese do biodiesel



Em um béquer foram pesados 100g de óleo de girassol e aquecido até 105 °C para evaporar vestígios de água; após esse aquecimento o óleo foi resfriado até 50°C para que ao ser adicionado o álcool, ele não evaporasse. Na transesterificação com 100% de etanol, foram pesados 30g de álcool etílico, em seguida adicionado 1g de hidróxido de potássio, KOH.

Na transesterificação com 100% de metanol, também foram pesados 30g de álcool metílico e em seguida adicionado 1g de KOH. Nas misturas dos álcoois, foram utilizados os valores estabelecidos na tabela 1. Com o óleo resfriado, mantendo a temperatura entre 40-50°C, foi adicionado à mistura de álcoois e catalisador deixando-os sob agitação lenta por 30 minutos.

Após esse tempo, a massa reacional foi transferida para um funil de decantação e deixada em repouso por 12 horas na transesterificação via rota etílica; 24 horas na promovida via rota metílica e nas com misturas etanol/metanol. Posteriormente ao repouso foi removida a parte mais densa, a glicerina. Depois de removido a glicerina, foi iniciada a lavagem, aquecendo cerca de 100 ml de água destilada a 70-80°C e adicionado ao biodiesel, agitando bastante e deixado em descanso por 30 minutos após cada lavagem.

Repetido a operação de lavagem 03 a 04 vezes até neutralizar a água. A neutralização foi observada adicionando 02 gotas fenolftaleína 1% e visualizando a sua coloração, que ao apresenta-se incolor, foi finalizado as lavagens.

Após lavagens, foi pesado um béquer vazio e anotado seu peso, em seguida removido o biodiesel do funil de decantação no béquer que foi pesado e levado para secagem em estufa por 2 horas a 105°C. Depois desse tempo foi retirado o béquer e levado a um dissecador até temperatura ambiente. Em seguida foi pesado o béquer com o biodiesel e anotado seu peso. Foi subtraído o peso do béquer vazio do peso



do béquer com o biodiesel seco. Esse valor é denominado, valor real.

O cálculo do rendimento foi realizado utilizando a fórmula [3]:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Valor Real}}{\text{Valor teórico}} \times 100\% \quad [3]$$

Onde, 'Valor real' = Valor obtido experimentalmente e 'Valor teórico' = peso do óleo.

As sínteses foram reproduzidas em triplicata e com o melhor resultado entre os processos, foi realizada uma nova síntese e após a reação de transesterificação montou-se um sistema com 04 tubos tipo Falcon de 15 ml, 02 dos mesmos foram submetidos à centrifugação e os outros 02 em repouso normal (gravidade) com registro de fotos a cada 2 minutos com a finalidade de observar a precipitação em um determinado intervalo de tempo com e sem centrifugação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Índice de acidez e saponificação

O óleo de girassol foi obtido no comércio local. O teor de acidez é uma das principais características que confere qualidade aos óleos vegetais. O índice de acidez do óleo apresentou valor acima do recomendado  $1,13 \pm (0,057)$  mg de KOH/g. O valor máximo ideal é 1,0 mg de KOH/g. Fez-se necessário neutralizar o óleo antes de realizar as sínteses.

A neutralização ocorreu da seguinte maneira: em um béquer de 3 litros, pesou-se 2 quilos de óleo de girassol e em seguida adicionado uma solução a quente de NaOH 4% (10% da massa do óleo, aproximadamente 200g) ao óleo aquecido a 90-95°C. A mistura foi mantida sob agitação lenta por 30 minutos e logo após foi transferido para um funil de separação e consentido em repouso por algumas horas até separação das fases (óleo e borra/sabão). Esse processo foi realizado

duas vezes para neutralização de todo o óleo obtido.

Removido a borra, o óleo é lavado adicionando 250 ml de água destilada fervente, deixado em repouso por 30 minutos. Essa lavagem foi repetida várias vezes adicionando 2 gotas do indicador fenolftaleína a cada água retirada, até a remoção do catalisador, da borra e outras impurezas do óleo.

Retirado o óleo do funil de separação, foi levado a estufa para secagem por 2 horas a 105°C. Em seguida transferido da estufa à bancada e aguardou-se esfriar a temperatura ambiente. [MARRETO, et al. 1998].

Com o óleo neutralizado, os testes de índice de acidez foram repetidos e determinados também o índice de saponificação (tabela 2).

**Tabela 2** – Análises do óleo refinado.

Análises	Resultado (mg de KOH/g)
Índice de acidez	0,76 ± (0,058)
Índice de saponificação	187,73 ± (0,929)

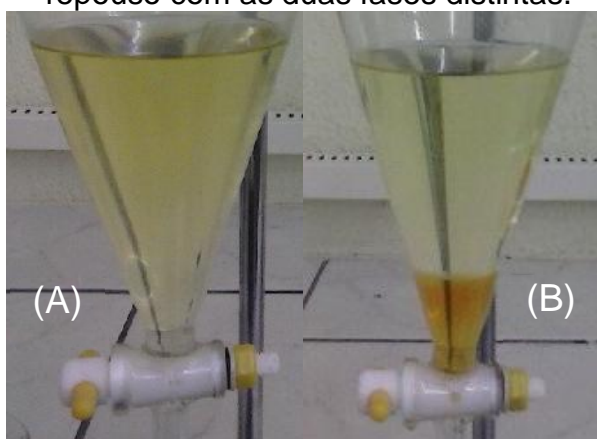
Valores semelhantes de índice de acidez foram obtidos por Soares et al [2014] com acidez média de 0,6 mg KOH/g. No óleo a ser utilizado para produção de biodiesel este índice tem que ser inferior a 1 mg KOH/g para que não venha causar danos no motor. Com relação ao índice de saponificação, a ANVISA estipula valores de 188 – 194 mg de KOH/g. Para o índice de saponificação é recomendado que quanto menor esse valor, melhor será o rendimento do biodiesel e menor será a formação de um subproduto da reação de transesterificação, os sabões [MORETTO, et al. 1998].



### 3.2. Rendimentos das sínteses do biodiesel.

As sínteses foram realizadas na ordem exposta na tabela 1. A primeira realizada com 100% de etanol (figura 1A) e a segunda com 90%, conforme esperado, a separação não foi eficiente, a glicerina não separou do biodiesel após o tempo de repouso de 24 horas. Impôs a adição de 10 ml de glicerina pura ao sistema reacional, aplicado uma leve agitação e mais um repouso de 12 horas. Logo após esse tempo pôde-se observar a presença de um sistema de duas fases, biodiesel e glicerina (figura 1B).

**Figura 1:** (A) Sistema sem a separação das fases biodiesel e glicerina. (B) Sistema após adição da glicerina e o repouso com as duas fases distintas.



Nas demais sínteses a separação das fases ocorreu espontaneamente. As sínteses III, IV e V (figura 2) que foram preparadas com porcentagens maiores de etanol em relação ao metanol ficaram em repouso por 24 horas e as sínteses VI, VII e VIII (figura 3), IX e X, com porcentagem maiores e iguais de metanol/etanol apenas 12 horas. Isso porque as reações com uso de metanol à separação das fases leva um tempo mais curto.

**Figura 2:** Sínteses III, IV e V.



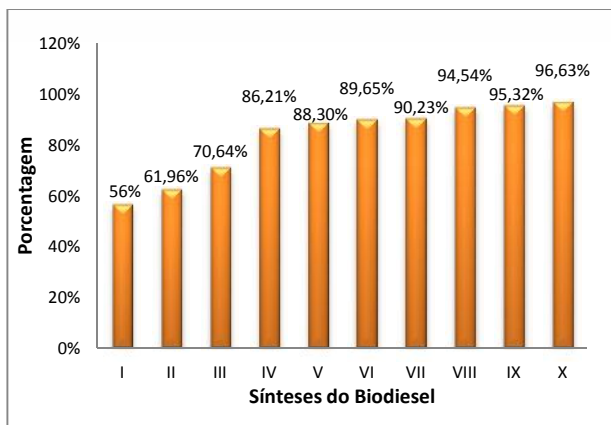
**Figura 3:** Sínteses VI, VII e VIII.



Apesar das perdas de biodiesel na etapa de purificação verificou-se rendimentos acima de 90% (tabela 3) nas sínteses 'VII', 'VIII', 'IX' e 'X'. A síntese 'X' apresentou o melhor rendimento de 96,63%  $\pm$ (1,763). Os valores dos rendimentos médios de todas as sínteses foram distribuídos no gráfico 1.



**Gráfico 1:** Rendimento médio das sínteses de biodiesel de Girassol.



**Tabela 3:** Rendimentos das sínteses.

Sínt.	Eta./Met.(%)	Valores dos rendimentos
I	100 Etanol	56% ± (2,805)
II	90 / 10	61,96% ± (2,107)
III	80 / 20	70,64% ± (1,216)
IV	70 / 30	86,21% ± (1,013)
V	60 / 40	88,30% ± (1,207)
VI	40 / 60	89,65% ± (1,302)
VII	30 / 70	90,23% ± (1,137)
VIII	20 / 80	94,54% ± (1,231)
IX	10 / 90	95,32% ± (1,620)
X	100 Metanol	96,63% ± (1,763)

Quanto maior as concentrações de metanol, melhores são os rendimentos. Resultados semelhantes também foram encontrados por Matos, et al [2010], que observaram que quanto maior as quantidades em massa de metanol, maior seria o rendimento. A maior concentração de etanol favoreceu a formação de sabões e dificultou a separação do biodiesel da glicerina devido à maior interação do etanol com a glicerina. A sugestão para a diminuição de perda no processo de purificação seria, nas primeiras lavagens, diminuir a agitação do funil, para que a água arraste o máximo de KOH sem tanto contato com os ácidos graxos livres. Além da temperatura da água de lavagem, que influenciam a formação do sabão.

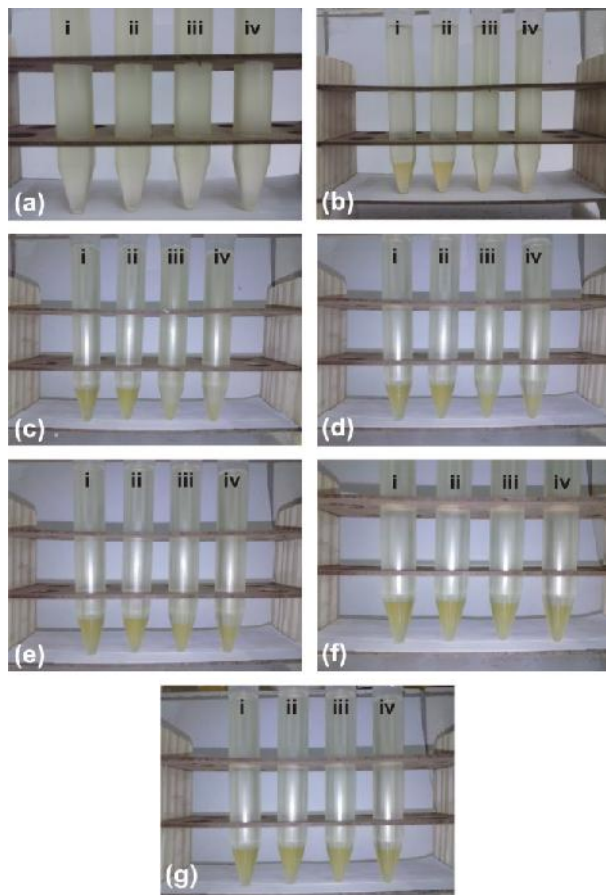
O metanol é o álcool mais amplamente aplicado na produção de biodiesel em escala comercial, mas o etanol tem produção consolidada no Brasil, é menos tóxico e renovável. Uma grande desvantagem do etanol está no fato de promover uma maior dispersão da glicerina no biodiesel, dificultando a sua separação [MARQUES et al, 2011].

O melhor rendimento foi o da síntese XI e como proposto, ela foi reproduzida e logo após a reação de transesterificação e dividida em 4 tubos tipo Falcon de volumes iguais, aproximadamente 15 ml, divididos: 2 tubos submetidos à centrifugação e os outros 2 em repouso normal. Foi realizado um registro fotográfico das amostras a cada 2 minutos e o ultimo intervalo foi de 5 minutos, pois já se observava uma igualdade de material precipitado nos 4 tubos (figura 4). Com esse experimento é notável que as amostras submetidas à centrifugação, decantam a glicerina quatro vezes mais rápido do que as amostras que repousam sofrendo apenas a força da gravidade.

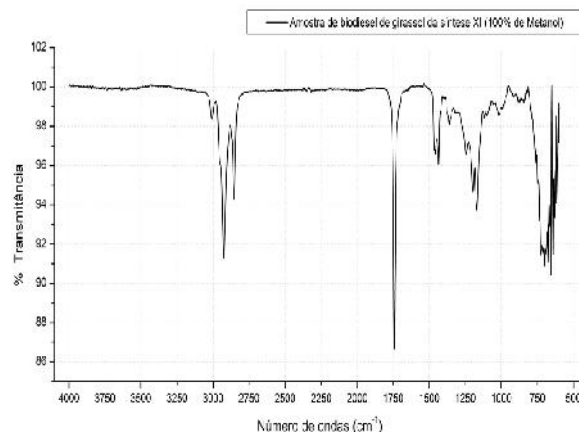
Nas fotos (c) e (d) da figura 4, tubos 'i' e 'ii', as amostras foram submetidas à centrifugação de 4 a 6 minutos e já é possível observar que o glicerol decantou por completo, enquanto nos tubos 'iii' e 'iv', isso ocorre entre 10 e 15 minutos, fotos (f) e (g). Um experimento semelhante foi desenvolvido na pesquisa de Rinaldi et al, [2007] mostrando a separação das fases nos tempos iniciais da reação formando uma emulsão bastante estável e de volume menor de glicerina (fase mais densa) e que a partir de 20 minutos de reação, a separação (biodiesel/glicerina) é visivelmente mais eficiente.



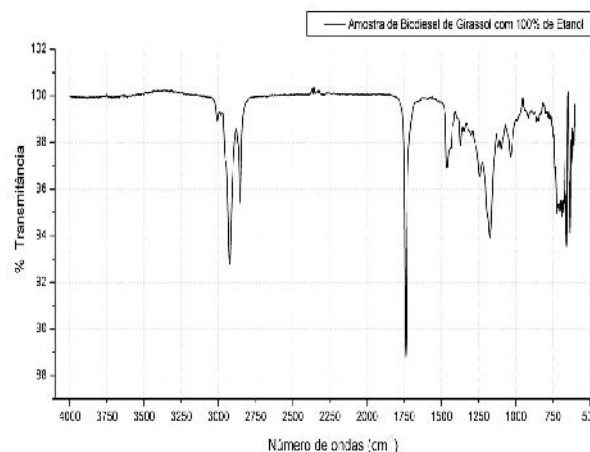
**Figura 4:** Amostras de biodiesel/glicerina, submetidas (i e ii) e não submetidas (iii e iv) a centrifugação; (a) 0 minuto, (b) 2 minutos, (c) 4 minutos, (d) 6 minutos, (e) 8 minutos, (f) 10 minutos e (g) 15 minutos.



**Figura 5:** Espectro IV do biodiesel obtido com 100% de metanol.



**Figura 6:** Espectro IV do biodiesel obtido com 100% de etanol.



### 3.2. Análises por espectroscopia de absorção na região do infravermelho

Os espectros infravermelhos (figuras 5 e 6) foram utilizados para identificar os grupos funcionais característicos do biodiesel (tabela 4).

**Tabela 4:** Características de constituintes do biodiesel.

Nº de onda (cm <sup>-1</sup> )	Grupo funcional	Classe dos compostos
3000-2840	C-H	Alcanos
1750-1730	C=O	Ester
1500-1400	C-H	Alcanos
1300-1000	C-O	Ácidos carb., ésteres
750-700	C-H	Carbono sp <sup>2</sup> conjugado

Fonte: SILVERSTEIN e WEBSTER, 2000.

O aparecimento de longas cadeias carbônicas é observado pela vibração C-H de alifáticos com um número de ondas entre 3000 e 2800 cm<sup>-1</sup>, e pela deformação C-H em 1460 e 1465 cm<sup>-1</sup>. As bandas entre 1300 cm<sup>-1</sup> e 950 cm<sup>-1</sup> são resultantes do estiramento C-O de ácidos carboxílicos e ésteres. A banda em 1750 cm<sup>-1</sup> representa o estiramento C=O indicando a presença de éster. A presença de carbonos sp<sup>2</sup> conjugados é indicada pela banda ordenada das ligações C-H em movimento simultâneos entre 750-700 cm<sup>-1</sup>.

Os espectros infravermelho das amostras indicaram a presença das principais bandas características do biodiesel.





#### 4. CONCLUSÕES

Na síntese que utilizou 100% de metanol ocorreu maior rendimento. Nas misturas de álcoois ficou evidenciado que quanto maior a quantidade de metanol, maiores rendimentos são obtidos e a separação ocorre em menor tempo. A cadeia carbônica do metanol é menor que a do etanol, o que favorece a reação de transesterificação e a separação da glicerina.

A maior concentração de etanol favoreceu a formação de sabões e dificultou a separação do biodiesel da glicerina devido a maior interação do etanol com a glicerina.

Na síntese de maior rendimento observou-se que as amostras submetidas à centrifugação separaram o biodiesel da glicerina quatro vezes mais rápido.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ e a CAPES pelo apoio.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEA - A Agência Europeia do Ambiente. **Evidencia das alterações climáticas em toda a Europa confirma necessidade urgente de adaptação.** Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/pt/pressroom/newsreleases/evidencia-das-alteracoes-climaticas-em>>. Acesso: 25 de dezembro de 2014.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 482, de 23 de setembro de 1999.** D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 13 de outubro de 1999.

BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005.

ESCOBAR, J. C.; LORA, E. S.; VENTURINE, O. J.; CASTILLO, E. F.; ALMAZAN, O. – **Biofuel: Environment, technology and food security.** Volume 13, Issues 6-7, Agosto-setembro 2009, paginas 1275-1287.

GONÇALVES, A.; SOARES, J.; BRASIL, A. N.; NUNES, D. L. **Determinação Do Índice De Acidez De Óleos e Gorduras Residuais Para Produção De Biodiesel.** In: III Congresso da rede brasileira de tecnologia de biodiesel, Brasília, 2009, P. 187-188.

MATOS, D. B.; SILVA, P. C. G.; OLIVEIRA, R. P. O.; SILVA, G. F., **Efeito dos blends de álcool no método de separação glicerol/biodiesel de OGR adquirido via rota etílica.** In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4 Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Embrapa Algodão, 2010. p. 66-71.

MARQUES, E.P.; SILVA, V. D.; ALMEIDA, J. M. S.; COSTA, H.D.; CAVALCANTE, G. H. R.; MARQUES, A. L. B.; **Metodologia Analítica para Glicerol em Biodiesel: Cenário Atual.** Portal de Periódicos da UFMA. Cad. Pesq., São Luís, v. 18, n. especial, dez. 2011.

MORRETO, E.; FETT, R.; **Tecnologia de Óleos e Gorduras na Indústria de Alimentos;** 1a.ed., Livraria Varela: São Paulo, 1998.

NIMET, G; SILVA, E. A.; PALÚ, F.; DARIVA, C.; FREITAS, L. S.; MEDINA NETO, A.; CARDOZO FLIHO, L. **Extraction of sunflower (Helianthus annuus L.) oil with supercritical CO<sub>2</sub> and subcritical propane: Experimental and modeling.** Chemical Engineering Journal, 168, p. 262-268, 2011.

NORO, G.B.; NORONHA, K. B.; FROZZA, M.; LENGELER, L. **Análise de Práticas**



**Sustentáveis na Produção de Biodiesel: um Estudo de Caso.** IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2012. Disponível em <<http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/981660.pdf>> Acesso em: 25 de fev. 2015.

OLIVEIRA, E.V.A; THOMAZ, D. ; MARIA, L.C.S. **Comparação das rotas metílica e etílica para obtenção de biodiesel através da transesterificação do óleo de soja via catálise básica.** . In: 48º Congresso Brasileiro de Química – CBQ – Química na Proteção ao meio Ambiente e a Saúde, Rio de Janeiro, 2008.

OLIVEIRA, M. F.; VIEIRA, O. V. - **Extração de Óleo de Girassol Utilizando Mini prensa.** – Londrina: EMBRAPA SOJA, 2004. 1º Ed. 27p. – (Documentos / Embrapa Soja, INSS 1516-781X; n.237). 2004.

RINALDI, R. ; GARCIA, C.; MARCINIUK, L. L.; ROSSI, A. V.; SCHUCHARDT, U.; **Síntese de Biodiesel: Uma Proposta Contextualizada de Experimento para Laboratório de Química Geral.** *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 5, 1374-1380, 2007.

SOARES, T.N.S.; PAVÃO, D.P.; SILVA, R.S.; LOPES, I.K.; SANTOS, T.S.M.; LOURENÇO, M.S.N.; **Determinação do Índice de Acidez em Óleos Vegetais e Gorduras Utilizados em Bares e Restaurantes no Litoral da Cidade de São Luís/MA.** In: 54º Congresso Brasileiro de Química - Química e Sociedade: Motores da Sustentabilidade, Natal/RN, 2014. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2014/trabalhos/4/5515-17047.html>>. Acesso em: 06 de março de 2015.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B.; **Química Orgânica**, 8a.ed., LTC: São Paulo, 2006.