

PRODUÇÃO DE BIODIESEL SOB CONDIÇÕES DE CATÁLISE DE TRANSFERÊNCIA DE FASE

PRODUCTION OF BIODIESEL UNDER PHASE TRANSFER CATALYSIS CONDITIONS

Líns, F. F. T.^{1*}; Santos, L. E. T.²; Antônio Sávio Gomes Magalhães, A. S. G.³

^{1,2,3}Laboratório de Pesquisa em Química (LPQ-FACEDI), Universidade Estadual do Ceará (UECE), Faculdade de Educação de Itapipoca (FACEDI), Curso de Química, CEP: 60500-000, Itapipoca, CE, Brasil

*E-mails: furtado.lins@uece.br

RESUMO

A utilização de biodiesel como combustível tem se apresentado como uma alternativa promissora no mundo inteiro. A proposta deste trabalho consiste em avaliar a eficiência dos catalisadores de transferência de fase na produção de biodiesel. O emprego da metodologia catalise de transferência de fase (CTF) apresentou-se bastante viável no processo de transesterificação de óleos vegetais, visto que se obtiveram altos rendimentos e reduziu o tempo reacional. Tal afirmação pode ser comprovada através dos resultados obtidos, de até 97,8% de rendimentos em apenas 5 minutos de reação, quando utilizou-se catalisadores de transferência de fase lipofílicos.

Palavras-chaves: Biodiesel, transesterificação, catalise de transferência de fase.

ABSTRACT

The use of biodiesel as fuel has been presented as a promising alternative worldwide. The purpose of this work is to evaluate the efficiency of phase transfer catalysts in biodiesel production. The use of the phase transfer catalysis (CTF) methodology was quite feasible in the process of transesterification of vegetable oils, since high yields were obtained and the reaction

time was reduced. Such a claim can be proved by the results obtained, up to 97.8% yields in only 5 minutes of reaction, when using lipophilic phase transfer catalysts.

Keywords: Biodiesel, transesterification, phase transfer catalysis.

1. INTRODUÇÃO

A produção energética mundial provém de fontes não renováveis de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) e a alta demanda energética no mundo industrializado e os problemas ambientais causados por estes combustíveis, requer estudos de desenvolvimento de energia renovável de fontes ilimitadas com menor impacto ambiental. Para isso, o uso de biocombustíveis derivados de óleos vegetais, também conhecidos como biodiesel são vistos hoje como uma alternativa viável. O biodiesel é uma alternativa renovável que resolve dois problemas ambientais ao mesmo tempo: aproveita um resíduo, aliviando os aterros sanitários, e reduz a poluição atmosférica. Trata-se de uma fonte energética renovável que além de trazer benefícios ambientais, também possibilita a geração de empregos na fase de processamento e promove o desenvolvimento da agricultura nas zonas rurais (HOLANDA, 2004).

Biodiesel são ésteres monos-alquilados de ácidos graxos derivados de óleos vegetais ou gorduras animais, através de um processo químico denominado transesterificação (Figura 1). Os óleos vegetais podem reagir quimicamente com um álcool (metanol ou etanol), para produzir ésteres. Esses ésteres quando usado como combustíveis levam o nome de biodiesel. O óleo vegetal é filtrado, processado com material alcalino para remover gorduras ácidas e depois misturado com um álcool e um catalisador ácido ou básico. A reação (transesterificação) formam ésteres monos-alquilados (biodiesel) e glicerol, que são posteriormente separados (MEHER; SAGAR; NAIK, 2004).

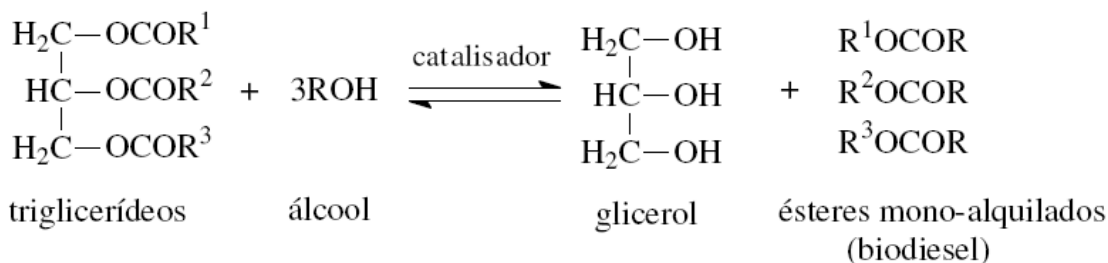


Figura 1. Equação química de transesterificação de triglicerídeos para síntese de biodiesel.

A transesterificação é um processo de transformação de um álcool para um éster. É uma reação reversível, porém a conversão pode ser acelerada na presença de um catalisador (ácidos fortes ou bases). Os catalisadores empregados nas transesterificações são classificados em alcalinos e ácidos, sendo os catalisadores alcalinos como NaOH, NaOCH₃, KOH e KOCH₃ os mais usados. Nas transesterificações de triglicerídeos de óleos vegetais alguns fatores podem interferir, tais como: presença de ácidos graxos livres, tipo de álcool, tempo de reação, temperatura, solvente e intensidade da mistura reacional (KNOTHE *et al.*, 2006).

Segundo Ma, Clements, Hanna (1999) a intensidade da mistura reacional é um dos fatores de maior importância na reação de transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais, principalmente quando se empregam alcoóis polares como metanol e etanol. Tais alcoóis são imiscíveis em óleos ou gorduras dificultando o contato entre as espécies reativas. Para solucionar este problema, estudos como adição de solvente (BOOCOCK *et al.*, 1996), adição de triglicerídeos (BOOCOCK, 2001), e emprego de catalisadores suportados em resinas poliméricas como alumina (EBIURA *et al.*, 2005) foram realizados, mas apesar dos sucessos destes métodos, eles elevam o custo do processo reacional.

Diante desta dificuldade, a imiscibilidade entre óleos vegetais e alcoóis (metanol ou etanol), nós propomos o emprego da metodologia Catálise de Transferência de Fase (CTF) na obtenção de biodiesel através da transesterificação de óleos vegetais. Pois trata de uma metodologia que consiste em fazer reagir substâncias que se encontram em fases diferentes. Cabe ressaltar que, a CTF também favorece o uso de bases como Na₂CO₃ e K₂CO₃ diminuindo a hidrólise, responsável pela formação do glicerol na síntese de biodiesel, promovendo assim maior produção de óleo diesel vegetal.

A CTF foi introduzida em meados da década de 60 por Starks (1971), e atualmente pode ser aplicada a uma série de reações, dentre elas as transesterificações. Esta técnica, CTF, consiste em propiciar o contato e, portanto, a reação entre os reagentes em diferentes fases por intermédio de um agente transferidor, o catalisador de transferência de fase. Estes catalisadores são geralmente sais de ônios (Q⁺X⁻) e sua função é a de transferir o reagente iônico na forma de um par iônico de uma fase, frequentemente aquosa ou sólida, para fase orgânica onde ocorrerá a reação com o substrato orgânico, como apresentado na Figura 2 (DEHMLOV; DEHMLOV, 1993).

biodiesel, e determinar qual catalisador de transferência de fase promove um melhor rendimento ao processo, testar carbonatos como catalisador básico nas transesterificações com objetivo de diminuir a formação de glicerina no meio reacional e verificar como se comporta a rota metílica e etílica na síntese de biodiesel sob condições de CTF.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Equipamentos

As determinações de massas foram realizadas numa balança analítica Mettler Toledo série AW. Os sistemas foram agitados usando um agitador mecânico analógico de rotação 120 a 2000 rpm – Fisatom e aquecidos em chapa aquecedora modelo 753A – Fisatom. Os espectros de absorção na região infravermelho (I.V.) foram registrados em Espectrofotômetro Perkin-Elmer, modelo 1000, utilizando-se pastilhas de KBr. Os espectros de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) foram registrados em um espectrômetro Bruker DRX 500 MHz, operando a 500 MHz para hidrogênio (RMN ^1H) com pulso de frequência e transformada de Fourier (FT). Os espectros de massas foram obtidos utilizando-se um cromatógrafo gás-líquido acoplado ao espectrômetro de massas (GC/MS) modelo Shimadzu QP5050.

2.2. Reagentes

Óleos vegetais: soja de procedência comercial, coco de praia e palmiste procedente da Indústria Alimentícia Ducoco. Etanol, metanol, hidróxido de potássio, carbonato de sódio, hexano, ácido clorídrico, sulfato de sódio anidro, demais reagentes foram de procedência comercial apresentando grau analítico de pureza. Catalisadores de transferência de fase: Cloreto de N-benziltriethylamônio (TEBA), Cloreto de Trioctilmetilamônio (Aliquat[®]), Brometo de N-Cetiltrimetilamônio (Cetrimide[®]), Hidrogenossulfato de tetrabutilamônio (TBAH), Brometo de Dodeciltrimetilamônio (BDDMA), Brometo de Didodecildimetilamônio (BDDDMA), todos comerciais de procedência Fluka e Éter 18-Corona-6 (18-C-6) comercial de procedência Aldrich.

2.3. Procedimentos experimentais

Inicialmente analisou-se o índice de acidez dos óleos estudados, com o objetivo de verificar se tais óleos apresentavam teor de acidez abaixo de 0,2 mgKOH/g ideal para reações de transesterificações de óleos vegetais. Nos casos dos óleos de coco e palmiste, em que apresentou um índice de acidez elevado, fez-se necessário uma neutralização com uma solução alcalina de hidróxido de potássio, seguida de uma operação de secagem ou desumidificação a 110 °C por 1 hora.

Após tratamento do óleo, adicionou-se em um balão de fundo redondo acoplado a um agitador mecânico e mantido em um banho aquecido, 3g de álcool (metanol ou etanol anidro) e 0,2g de base (KOH ou Na₂CO₃) e deixou-se sob agitação por 15 minutos. Depois, adicionou-se 10g de óleo vegetal (coco de praia, palmiste ou soja) e quantidade catalítica (1% em mol) dos catalisadores de transferência de fase (TEBA, Aliquat[®], Cetrimide[®], TBAH, BDDMA, BDDDMA ou 18-C-6). Manteve-se a mesma condição de agitação (800 rpm), e variou-se a temperatura e o tempo de reação. Decorrido o tempo pré-estabelecido para cada reação, transferiu-se a mistura reacional para um funil de decantação e deixou-se em repouso por 24 horas onde ocorre a formação de duas fases, a glicerina (a fase mais densa) e os ésteres monos alquilados (a fase menos densa), as quais separou-se por decantação. Com os ésteres já separados, adicionou-se 7,0 mL de solução HCl 5%, agitou-se e deixou-se em repouso por 30 minutos. Recolheu-se novamente a fase menos densa e lavou-se 2 vezes com 10 mL de água destilada. Transferiu-se os ésteres para um béquer, adicionou-se sulfato de sódio anidro (Na₂SO₄), filtrou-se, e desumificou-se a 110°C por 1 hora. Obtendo o biodiesel puro.

A confirmação qualitativa da reação foi realizada através de espectroscopia de infravermelho (IV) e ressonância magnética nuclear de hidrogênio (RMN-¹H). O rendimento quantitativo reacional do produto (biodiesel) em massa do óleo foi obtido com relação às massas moleculares média dos principais constituintes para cada óleo.

As análises do biodiesel puro foram realizadas de acordo com as normas da American Society of Testing and Materials (ASTM) e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) indicadas pela Resolução nº 42 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (BRASIL, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas reações empregando o método convencional de produção de biodiesel (Figura 1) e reações sob condições de CTF com a finalidade de avaliar a eficiência dos catalisadores de transferência de fase. As transesterificações via CTF procedeu-se segundo mecanismo apresentado na Figura 3. Nesta proposição, as reações em sistemas bifásicos envolvem pelo menos duas etapas, a saber: i) transferência do reagente da fase alcoólica para a fase orgânica e ii) reação entre reagente transferido com substrato da fase orgânica (LANG; COMASSETO, 1988).

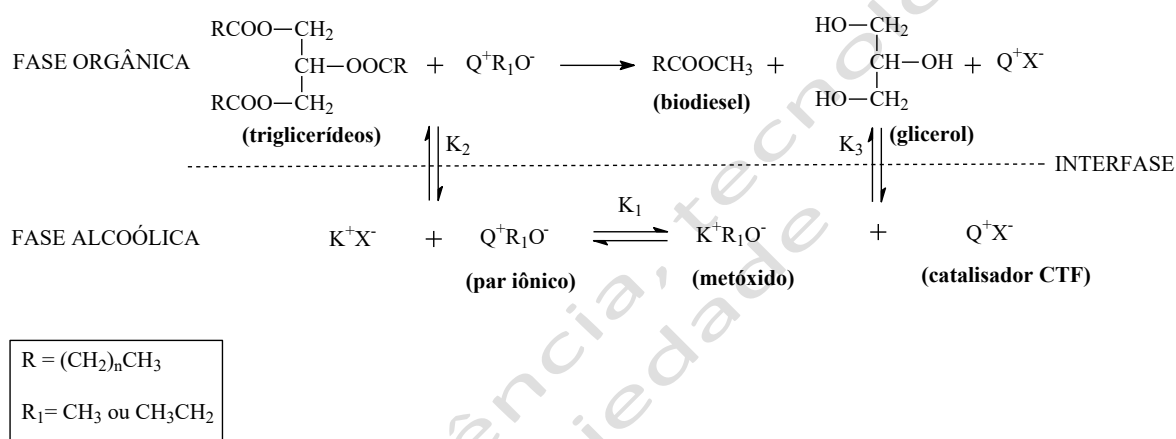


Figura 3. Esquema reacional da transesterificação via CTF.

Como podemos observar o processo de transferência do ânion alcoóxido (R₁O⁻) para a fase orgânica envolve três equilíbrios (K), sendo o agente transferidor Q⁺X⁻ um sal de ônio ou um éter-coroa. Uma vez na fase orgânica o ânion R₁O⁻ reage com os triglicerídeos, fornecendo o biodiesel e glicerol.

Para maior compreensão examinaremos cada equilíbrio separadamente:

1. Na fase alcoólica tem-se o catalisador de CTF (Q⁺X⁻) em equilíbrio com o alcoóxido (K⁺R₁O⁻) formando o par iônico (Q⁺ R₁O⁻) que passa para a fase orgânica.
2. Uma vez o Q⁺ R₁O⁻ na fase orgânica reage com os triglicerídeos formando biodiesel, glicerol e restaura o catalisador Q⁺X⁻.
3. Q⁺X⁻ retorna para a fase alcoólica e reinicia o ciclo.

As reações de transesterificações foram confirmadas através da espectroscopia de IV onde se observou bandas características de ésteres mono alquilados em 3474 cm^{-1} $\nu(\text{C}_{\text{sp}^2}\text{-H})$; 2854 e 2924 cm^{-1} νCH_2 e νCH_3 confirmadas pelas bandas 1377 e 1465 cm^{-1} ; 1744 cm^{-1} $\nu(\text{C}=\text{O})$; 1162 e 1113 cm^{-1} $\nu(\text{C}-\text{O})$ (Figura 4).

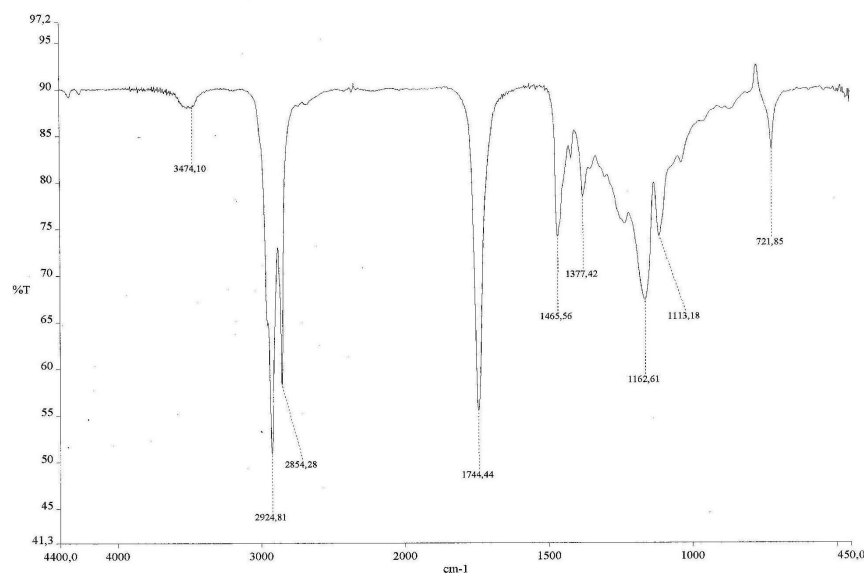


Figura 4. Espectro IV de Biodiesel

Nas análises de RMN ^1H observaram-se deslocamentos químicos referente ao grupo etilênico, caracterizado pelo tripleto em $2,26\text{ ppm}$ ($\text{CH}_3\text{-CH}_2$) acoplado a um quarteto em $4,11\text{ ppm}$ ($\text{CH}_3\text{-CH}_2$) para os biodieseis sintetizados pela rota etílica (Figura 5) e o deslocamento químico referente ao grupo metilênico, caracterizado pelo singleto em $3,68\text{ ppm}$ ($\text{CH}_3\text{-O}$) para os biodieseis sintetizados pela rota metílica (Figura 6).

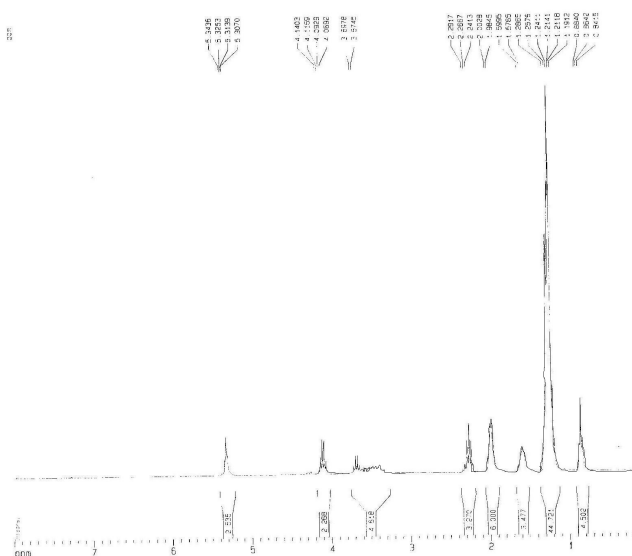


Figura 5. Espectro de RMN ^1H do Biodiesel obtido na rota etílica.

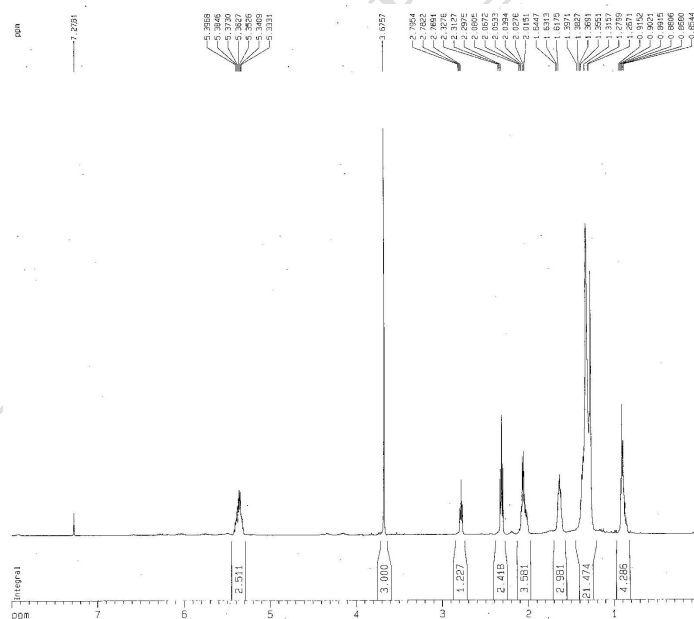


Figura 6. Espectro de RMN ^1H do Biodiesel obtido na rota metílica.

A escolha do óleo de coco de praia e óleo de palmiste, foi devido estes óleos possuírem como principais constituintes ácidos graxos de cadeia curta (C12:0 e C14:0) e baixo grau de insaturação, o que promovem ao seus biodieseis características físico-químicas importantes como baixa viscosidade e alta estabilidade oxidativa (VICTOR; SERGIO; MIGUEL, 2008).

Os resultados obtidos e sumariados nas Tabelas 1, 2 e 3 demonstram a eficiência da metodologia CTF na produção de biodiesel derivados de óleos vegetais.

Tabela 1. Resultados das transesterificações do óleo de coco de praia.

Ensaio	Álcool	Base	CTF	T (°C)	t (min.)	Rend. (%)
1	CH ₃ OH	KOH	---	60	60	74,10
2	CH ₃ OH	KOH	TEBA	60	60	82,64
3	CH ₃ OH	KOH	TBAH	60	60	86,32
4	CH ₃ OH	Na ₂ CO ₃	TBAH	60	30	83,55
5	CH ₃ OH	Na ₂ CO ₃	---	60	60	51,83
6	CH ₃ CH ₂ OH	KOH	---	60	60	35,64
7	CH ₃ CH ₂ OH	KOH	TEBA	60	60	70,20
8	CH ₃ CH ₂ OH	KOH	TBAH	60	30	81,83

Analisando os dados na Tabela 1 verifica-se que as reações de transesterificações do óleo de coco, pela rota metílica ou etílica sob condições de CTF, apresentaram rendimentos superiores (ensaio 2, 3, 4, 7 e 8) àquelas realizadas pelo método convencional (ensaio 1, 5 e 6), comprovando a eficiência dos catalisadores de transferência de fase. Verifica-se também que o emprego do catalisador TBAH (ensaio 3, 4 e 8) obteve-se valores de rendimentos maiores, quando comparados com os valores das reações empregando o TEBA (ensaio 2 e 7). Os resultados podem ser explicados pela maior lipofilicidade do TBAH e menor interação do par iônico entre o cátion do catalisador TBAH e o alcoóxido (Q^+RO^- ; R= CH₃ ou CH₃CH₂), facilitando na transferência da fase alcoólica para fase orgânica e na reação. Tais fatores também favoreceram o uso de Na₂CO₃, uma base fraca, e a redução do tempo de reação (ensaio 4) sem perda no rendimento reacional.

Tabela 2. Resultados das transesterificações do óleo de palmiste.

Ensaio	Álcool	Base	CTF	T (°C)	t (min.)	Rend. (%)
1	CH ₃ OH	KOH	---	60	60	79,82
2	CH ₃ OH	KOH	TEBA	60	60	81,70

3	CH ₃ OH	KOH	TBAH	60	60	83,66
4	CH ₃ OH	KOH	---	t.a.	60	69,90
5	CH ₃ OH	KOH	TEBA	t.a.	30	68,70
6	CH ₃ OH	KOH	TBAH	t.a.	30	68,70
7	CH ₃ OH	Na ₂ CO ₃	TBAH	60	30	79,32
8	CH ₃ CH ₂ OH	KOH	---	60	60	46,14
9	CH ₃ CH ₂ OH	KOH	TEBA	60	60	64,49
10	CH ₃ CH ₂ OH	KOH	TBAH	60	60	78,10

Através da análise dos resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que as reações de transesterificações do óleo de palmiste pelas rotas metálica ou etílica, também foram favorecidas pela metodologia CTF, fornecendo rendimentos superiores para as reações que empregam catalisadores de transferência de fase (ensaios 2, 3, 9 e 10) quando comparadas as reações convencionais sob mesmas condições (ensaios 1 e 8), exceções àquelas realizadas à temperatura ambiente (t.a.) (ensaios 4, 5 e 6). Verifica-se também que o emprego do catalisador TBAH favorece a maiores valores de rendimentos, quando comparados com os valores das reações empregando o TEBA, pelos mesmos fatores, supracitados, para explicar a reatividade do óleo de coco nas transesterificações sob condições de CTF.

Os resultados obtidos, de formas semelhantes nas transesterificações dos óleos de coco e palmiste, podem ser atribuídos a semelhança dos constituintes químicos dos óleos, a saber: **óleo de coco** – ácidos cáprico (8,0%), láurico (48%), mirístico (16%), palmítico (8,5%), esteárico (2,5%), oléico (6,5%) e linoléico (2,0%); **óleo de palmiste** - ácidos caprílico (2,5%), cáprico (4,2%), láurico (47,7%), mirístico (16,2%), palmítico (9,2%), esteárico (2,1%), oléico (15,4%), linoléico (1,4%) e araquídico (0,3%).

Com a finalidade de testar vários catalisadores CTF, escolhemos a transesterificação do óleo de soja comercial para obtenção de biodiesel, por ser uma reação que ocorre favorecendo elevados valores de rendimentos, cerca de 97% de conversão (FERRARI; OLIVEIRA; SEABIO, 2005 e SCHUCHARDT; SERCHELI; VARGAS, 1998) e pela facilidade de aquisição. De acordo com Ramos *et al.* (2003) a obtenção de ésteres monos alquilados derivados

de óleos vegetais com rendimentos superiores a 95%, limitam-se em duas observações: i) a matéria-prima a ser utilizada em cada região é diferente e isso implica na necessidade de estudos localizados, que permitam uma otimização realística e ii) as condições utilizadas para a reação de metanólise não podem ser transferidas para situações em que outros alcoóis, como etanol, sirvam de modelo. Cabe ressaltar que as reações de transesterificações do óleo de soja realizadas por nossa equipe, seguiram os mesmos procedimentos experimentais utilizados nas transesterificações dos óleos de coco e palmiste, citados anteriormente.

Tabela 3. Resultados das transesterificações do óleo de soja.

Ensaio	Álcool	Base	CTF	T (°C)	t (min.)	Rend. (%)
1	CH ₃ OH	KOH	---	60	60	94,2
2	CH ₃ OH	KOH	TEBA	60	30	74,7
3	CH ₃ OH	KOH	TBAH	60	30	80,0
4	CH ₃ OH	KOH	18-C-6	60	30	92,3
5	CH ₃ OH	KOH	BDDMA	60	15	92,5
6	CH ₃ OH	KOH	Cetrimide	60	5	97,8
7	CH ₃ CH ₂ OH	KOH	---	60	60	92,3
8	CH ₃ CH ₂ OH	KOH	TEBA	60	30	75,7
9	CH ₃ CH ₂ OH	KOH	TBAH	60	30	84,5
10	CH ₃ CH ₂ OH	KOH	Aliquat	60	15	88,4
11	CH ₃ CH ₂ OH	KOH	Cetrimide	60	5	97,5
12	CH ₃ CH ₂ OH	KOH	BDDMA	60	15	92,0

Através das análises dos dados sumariados na Tabela 3, pode-se verificar que o emprego de catalisadores de transferência de fase na produção de biodiesel derivado do óleo de soja mostrou-se bastante promissor com rendimento de até 97,8% (ensaio 6) e reduziu o tempo de reação para somente 5 minutos (ensaios 6 e 11). Tais resultados se assemelham aos obtidos por Zhang, Stanculescu, Ikura (2009). O tempo de reação foi determinado pelo surgimento de uma coloração amarela turva na mistura reacional. Constatou-se o fim das reações através de cromatografia de camada fina (CCD), usando como eluente éter de petróleo, éter etílico e ácido

acético na proporção de 80:20:1, respectivamente. A placa cromatográfica após eluição foi revelada com vapor de iodo.^[25] Tempos reduzidos, nas reações de transesterificações, impedem a reversibilidade das mesmas, aumentando o rendimento do produto desejado.

Quanto aos catalisadores de CTF empregados verifica-se que o CETRIMIDE foi o mais eficiente, conseguindo-se elevados rendimentos nas transesterificações metílicas e etílicas de 97,8 e 97,5%, respectivamente (ensaios 6 e 11). Tais resultados podem ser explicado pelo fato do cátion do catalisador Cetrimide possuir uma cadeia carbônica longa de 16 carbonos e três curtas tornando-o mais lipofílico que os demais sais de ônio (TEBA, TBAH e Aliquat) utilizados como catalisadores de CTF. Sua maior lipofilicidade facilita a transferência do alcoóxido (RO^- ; $R= CH_3$ ou CH_3CH_2) para a fase orgânica promovendo um melhor processo de transesterificação.

Catalisadores similares ao Cetrimide, em relação à lipofilicidade, como o BDDMA e o BDDMA foram testados e obteve-se altos valores de rendimentos, 92,5 e 92,0% respectivamente (ensaios 5 e 12), mas inferiores aos obtidos quando o Cetrimide foi utilizado.

O emprego do 18-C-6, como catalisador de CTF, mostrou-se também muito eficiente, obtendo 92,3% de biodiesel (ensaio 4). Tal resultado é racionalizado pela especificidade do 18-C-6 em aprisionar o cátion K^+ da base KOH, deixando livre a hidroxila (HO^-) favorecendo a formação do alcoóxido para reagir com os triglicerídeos.

3.1. Caracterização físico-química do biodiesel

As análises do biodiesel puro foram realizadas de acordo com as normas da American Society of Testing and Materials (ASTM) e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) indicadas pela Resolução nº 42 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (BRASIL, 2005). Foram realizadas as análises de índice de acidez, teor de umidade, glicerina livre e total, viscosidade e índice de saponificação. Verifica-se que todos os biodieseis analisados encontram-se dentro dos padrões da ANP (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros físico-químicos dos biodieseis sintetizados.

Análises	Biodiesel derivado do óleo de coco	Biodiesel derivado do óleo de palmiste	Biodiesel derivado do óleo de soja	Padrões da ANP
Índice de acidez (mg KOH/g)	0,61	0,55	0,47	0,80
Teor de umidade (%)	0,02	0,03	0,05	0,05
Índice de saponificação (mg KOH/g)	182,73	186,65	171,90	-----
Glicerina livre (%)	0,007	0,007	0,014	0,02
Glicerina total (%)	0,36	0,35	0,36	0,38
Viscosidade cinemática (mm ² .s ⁻¹)	4,31	4,62	5,56	-----

4. CONCLUSÕES

Os óleos de coco de praia e de palmiste demonstraram ser boas alternativas como matéria-prima para produção de biodiesel, considerando que as qualidades desses óleos são adequadas para a transesterificação e que foram obtidos elevados rendimentos de biodiesel dentro dos padrões de qualidade exigidos pelas legislações vigentes da ANP.

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que a metodologia catalise de transferência de fase (CTF) mostrou-se de forma bastante eficiente para ser empregada nas reações de transesterificações de óleos vegetais na produção de biodiesel, tanto na rota metílica como na rota etílica. Tal conclusão é confirmada através dos rendimentos obtidos, de até 97,8% quando se utilizou catalisadores de CTF lipofílicos. Ressalta-se também a redução do tempo de reação, sendo necessário apenas 5 minutos para completar a transesterificação do óleo vegetal.

AGRADECIMENTOS

À FUNCAP-CE e UECE pelas bolsas de IC concedidas, ao CENAUREM pelas análises de RMN, e ao Depto de Pós-Graduação em Química da UFC pelas análises de IV.

REFERÊNCIAS

- BARRY, J.; BRAM, G.; PETIT, A.; *Tetrahedron Lett.*, 29(36) (1988) 4567-4568.
- BOOCOCK, D. G. B.; KONAR, S. K.; MAO, V.; SIDI, H.; *Biomass Bioenergy*, 11 (1996) 43-50.
- BOOCOCK, D. G. B.; *Single Phase Process for Production of Fatty Acid Methyl Esters from Mixtures of triglycerides and Fatty acids*, WO 0112581, 2001.
- BRASIL - Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustível (ANP). Brasília, 2005. Disponível em: <[HTTP://www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>. Acessado em 30 de setembro de 2009.
- DEHMLOV, E. V.; DEHMLOV, S. S.; *Phase Transfer Catalysis*, Verlag Chemie Weinheim, 3ª Ed, 1993.
- EBIURA, T.; ECHIZEN, T.; ISHIKAWA, A.; MURAI, K.; BABA, T.; *Applied Catalysis A: General*, 283 (2005) 111-116.
- FERRARI, A. R.; OLIVEIRA, V. S.; SEABIO, A. *Química Nova*. 28(1) (2005) 19 - 23.
- GOLDBERG, Y.; *Phase Transfer Catalysis – Selected Problems and Applications*, Gordon and Brech, Yverdon, Reading, 1992.
- HOLANDA, A.; *Biodiesel e Inclusão Social*; Brasília, DF: câmara dos deputados – Coordenação de Publicação (Cadernos de Altos Estudos), 2004.
- KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P.; *Manual de Biodiesel*, Ed. Edgard Blucher. São Paulo, 2006.
- LANG, E.S.; COMASSETO, J.V.; *Química Nova*, 11(2) (1988) 238.
- MA, F.; CLEMENTS, L. D.; HANNA, M. A.; *Bioresour Technol*, (1999) 289-293.
- MEHER, L. C.; SAGAR, D. V.; NAIK, S. N.; *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, (2004) 1-21.
- NETO, H. X. L.; SANTOS, L. E. T.; LÍNS. F. F. T.; MAGALHÃES, A. S. G.; MENEZES, J. E. S. A.; BARROSO, M. D. F.; SILVA, N. C. M. **Aplicação de Catalisadores de Transferência de Fase na Produção de Biodiesel Via Transesterificação de Óleos Vegetais.**

33^a reunião Anual da Sociedade brasileira de Química (SBQ), Águas de Lindóia-SP, 28 e 31/05/2010

RAMOS, L. P.; KUCEK, K. T.; DOMINGOS, A. K.; WILHELM, H. M.; *Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*. 3 (2003) 28 – 37.

SANTOS, L. E. T.; LÍNS. F. F. T.; MENEZES, J. E. S. A.; VASCONCELOS, S. J. T.; **Emprego da Catálise de Transferência de Fase na Síntese de Biodiesel Via Transesterificação de Óleos Vegetais**. III Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (CRBTB), Sessão: Produção. Brasília-DF, 09 e 10/11/2009

SCHUCHARDT, U.; SERCHELI, R.; VARGAS, R. M. *J. Braz. Chem. Soc.* 9(1) (1998) 199-210.

STARKS, C. M.; *J. Am. Chem. So.*, 93 (1971) 195.

VICTOR. S.; SERGIO. M.; MIGUEL. M.; **Aperfeiçoamento da Produção de Biodiesel a Partir do Óleo de Coco de Somoil**. 5^o Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, 2^o Congresso de Engenharia de Moçambique. Maputo, 02 a 04/09/2008.

ZHANG, Y.; STANCIULESCU, M.; IKURA, M.; *Applied Catalysis A: General*, 366(1) (2009) 176-183.