

ANÁLISE DO TEMPO REACIONAL NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL POR MEIO DE TRANSESTERIFICAÇÃO POR CATÁLISE BÁSICA

Yuri de Oliveira Pokamaja¹

Gabriel Ferreira²

Adelita Alves Nunes³

Débora De Pellegrin Campos⁴

Carolina Resmini Melo⁵

Aline Resmini Melo⁶

1 Graduando em Engenharia Química, Faculdade Satc/SC. E-mail: yurizimba@hotmail.com

2 Graduando em Engenharia Química, Faculdade Satc/SC. E-mail: gabrielferreiraeq@gmail.com

3 Graduando em Engenharia Química, Faculdade Satc/SC. E-mail: adelita_aalves@hotmail.com

4 Professora do Curso de Engenharia Química, Faculdade Satc/SC. E-mail: debora.campo@gmail.com

5 Professora do Curso de Engenharia Química, Faculdade Satc/SC. E-mail: carolina.melo@satc.edu.br

6 Coordenadora do Curso de Engenharia Química, Faculdade Satc/SC. E-mail: aline.melo@satc.edu.br

RESUMO: A produção de biodiesel vem se tornando mais atrativa recentemente pelos seus benefícios ambientais e por ser uma fonte renovável de combustível. Utilizar óleo usado na produção reduz o custo da produção, comercialização do biocombustível e acaba com a poluição gerada pelo descarte incorreto do óleo usado. É um combustível que não é tóxico e beneficia de várias formas o ambiente. O estudo realizado foi o da produção do biocombustível a partir do óleo usado utilizando o método de transesterificação por catálise básica e o fator analisado na produção foi o tempo reacional x rendimento, onde as amostras foram submetidas a diferentes tipos de tempos de agitação e em seguida foi analisado o seu rendimento. Os rendimentos não tiveram diferenças significantes quanto ao tempo reacional. Por fim, foram analisadas e comparadas com a portaria da ANP as características físico-químicas das amostras.

Palavras-Chave - Biodiesel; Óleo Usado; Glicerina.

ABSTRACT: Biodiesel production has become recently more attractive for its environmental benefits and being a renewable source of fuel. Using oil used in the production reduces the cost of production, marketing make biofuel and ends with the generated hair incorrect disposal of used oil pollution. And a fuel that is non-toxic and benefit the environment in various ways. The study was the production of biofuel from the used oil using the

transesterification method by basic catalysis and analyzed factor production was the reaction x yield rate, where as the samples are subjected to different types of shaking times and then it was analyzed your income. Income did not have significant differences in reaction time. Finally, they were analyzed and compared with the ordinance of the ANP as physicochemical characteristics of the samples.

Keywords - Biodiesel; Used Oil; Glycerine.

1 INTRODUÇÃO

A produção da energia em sua maior parte provém do uso de combustíveis fósseis, que são fontes esgotáveis com previsão para esgotamento. (SHUCHARDT et al., 1998) Outro fator relevante no uso de fontes fósseis é a produção em larga escala de Dióxido de Carbono. Dessa forma, existe uma busca de novas fontes energéticas que possam suprir a demanda mundial e que agridam menos o meio ambiente.

Segundo Ramos et al. (2000) e Haas et al. (2001), o biodiesel é um combustível proveniente de fontes renováveis e possui características que superam alguns combustíveis fósseis, tais como, possuir caráter não tóxico e biodegradável, ser livre de enxofre e uma produção relativamente menor de Dióxido de Carbono. São denominados ésteres alquílicos de ácidos graxos e pode ser utilizado como substituto do diesel de petróleo sem que sejam feitas muitas modificações em motores. São produzidos por meio da transesterificação de triglicerídeos, usando na maioria das vezes catalisadores alcalinos.

O uso do biodiesel apresenta potencial promissor no âmbito econômico, visto que é possível produzi-lo com diversas fontes de triglicerídeos, sendo as principais os óleos vegetais, que podem variar de região para região no cultivo.

O presente artigo analisou o tempo reacional da produção de biodiesel em escala laboratorial com intuito de definir em que momento existe uma estabilização da reação e fim da produção do biodiesel.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão descritas as características do biodiesel.

2.1 BODIESEL

Biodiesel é um combustível alternativo de queima limpa, produzido de recursos domésticos, renováveis. Os Biodieseis não contem petróleo, mas pode ser adicionado a ele formando uma

mistura. Podem ser usados em um motor de ignição a compressão (diesel) sem necessidade de modificação. É simples de ser usado, biodegradável, não tóxico e essencialmente livre de compostos sulfurados e aromáticos. (SALVADOR et al., 2009)

A maior parte da energia consumida no mundo é oriunda de fontes fósseis (petróleo, gás natural e carvão). Porém, a preocupação mundial com o meio ambiente, juntamente com a busca por fontes alternativas de energia, coloca o biodiesel em evidência e interesse. O domínio tecnológico da produção deste biocombustível, em nível agrônomo e industrial, tem sido alvo de pesquisas de diversos países.

O Biocombustível é um combustível de queima limpa, produzido a partir de fonte renovável, sendo assim, atrativo devido aos benefícios ambientais. Pode ser produzido a partir de óleos vegetais, gordura animal, resíduo de óleo vegetal e algas. A reação mais comum para produção é a transesterificação do óleo com álcool de cadeia curta. O Biodiesel é definido como éster mono-álquil de ácidos graxos derivados de óleo vegetal ou gordura animal. (GONZALEZ, 2012)

A matéria-prima para sua produção é retirada de plantas ou animais e quimicamente, os óleos e gorduras animais e vegetais consistem de moléculas de triacilglicerídeos, as quais são constituídas de três ácidos graxos de cadeia longa, ligados na forma de ésteres a uma molécula de glicerol. Esses ácidos graxos variam na extensão da cadeia carbônica, no número, orientação e posição das insaturações ou duplas ligações. (MORRISON E BOYD, 2005)

2.2 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

A matéria-prima, se necessário, deve ser submetida a um processo de neutralização, filtração ou secagem. A acidez é reduzida por lavagem com solução alcalina de hidróxido de sódio ou potássio. A filtração pode ser realizada usando-se papel de filtro com diferentes porosidades. A umidade da matéria-prima deve ser muito baixa e para tal podem ser usados agentes secantes tais como, sulfato de magnésio ou sulfato de sódio, ou ainda aquecimento. (LOFRANO, 2008)

2.3 REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO

De modo geral denomina-se reação de transesterificação a reação de um éster com um álcool para produzir um éster e um co-produto, o glicerol. O processo global da reação de óleos vegetais e gorduras é uma sequência de três reações reversíveis e consecutivas, em que os

monoglicerídeos e os diglicerídeos são os intermediários. Na maioria dos casos, é utilizado um catalisador (NaOH ou KOH) de forma a acelerar a reação. (FERRARI et al., 2005)

A reação é o único processo que leva aos produtos definidos ASTM (i.e., ésteres de alquila) e é o método mais utilizado para produzir biodiesel. Na transformação, as moléculas de triglicerídeos encontradas no óleo ou gordura animal ou vegetal reagem na presença de um catalisador para formar ésteres e glicerol. O biodiesel produzido por transesterificação apresenta propriedades similares ao óleo diesel derivado de petróleo. (SAKA e KUSDIANA, 2001)

O tipo de catalisador, as condições de reação e a concentração de impurezas numa reação determinam o caminho que a reação segue. (LOFRANO, 2008)

Na transesterificação com catalisadores básicos, água e ácidos graxos livres não favorecem a reação. Assim sendo, são necessários triglicerídeos e álcool desidratados para minimizar a produção de sabão. A produção de sabão diminui a quantidade de ésteres e dificulta a separação entre a glicerina e os ésteres (biodiesel). Nos processos que usam óleo in natura, adiciona-se álcali em excesso, para remover todos os ácidos graxos livres. (COSTA NETO, 2002)

Álcoois tais como metanol, etanol, propanol ou butanol podem ser utilizados na reação e os monoésteres são chamados respectivamente metil, etil, propil e butil ésteres. (KRAUSE, 2008)

Nesta reação são necessários 3 moles de álcool para cada mol de triacilglicerol. Na prática, utiliza-se um excesso de álcool de modo a aumentar o rendimento em ésteres (deslocando a reação para o lado dos produtos) e permitir a separação do glicerol formado. Na maioria dos casos, utiliza-se um catalisador, como por exemplo, NaOH ou KOH. (KRAUSE, 2008)

2.4 CATÁLISE BÁSICA

Catalisador é uma substância que aumenta a velocidade de uma reação, sem ele próprio sofrer variação química. (BROWN, 2005)

Os catalisadores utilizados na catálise básica, são bastantes fortes como o hidróxido de potássio, o hidróxido de sódio, carbonatos e metóxidos, etóxidos e, em menor grau, propóxidos e butóxidos de sódio e potássio. Nesses processos a base é dissolvida no álcool utilizado, e adicionada ao óleo. São utilizados reatores agitados, com ou sem aquecimento. O tempo de reação típico é de cerca de 1 a 2 horas. (LOFRANO, 2008)

O processo de transesterificação via catálise alcalina é aproximadamente 4000 vezes mais rápido do que aquele catalisado por uma mesma quantidade do catalisador ácido e os catalisadores alcalinos são menos corrosivos, sendo menos agressivos aos equipamentos. Além disso o catalisador alcalino exige menores razões molares entre o álcool e o óleo vegetal e altas conversões são facilmente alcançadas. Por esses motivos, é que os catalisadores básicos tradicionais são largamente utilizados na indústria para obtenção de biodiesel. (GAMBA, 2009)

A eliminação de sabões, catalisador residual e glicerol somente é possível através de etapas eficientes de lavagem, que demandam grande quantidade de água para a purificação dos ésteres. A adição de ácido faz-se preciso para a neutralização do catalisador residual. A neutralização antes da etapa de lavagem reduz a água exigida e minimiza a formação de emulsões quando a água de lavagem é adicionada ao biodiesel. O biodiesel precisa de repetitivas lavagens para atingir a pureza padrão necessária. (GAMBA, 2009)

A produção de biodiesel por catálise básica usando a rota metálica é mais atrativa sob o ponto de vista industrial, por ser mais rápida e econômica do que as demais. Os catalisadores alcalinos são menos corrosivos que os catalisadores ácidos e os mais usados são os hidróxidos de potássio (KOH) e o hidróxido de sódio (NaOH). No Brasil, o KOH é mais caro do que o NaOH, entretanto tem a vantagem de menor formação de sabão. (KRAUSE, 2008)

2.5 SEPARAÇÃO DE FASES

A separação de fases é uma etapa importante na produção de biodiesel. O processo de isolamento dos produtos pode ser experimentalmente difícil, e pode elevar, substancialmente, os custos de produção. A pureza do biodiesel deve ser alta e o teor de ácidos livres, álcool, glicerina e água devem ser mínimos de modo que a pureza do biodiesel seja maior que 96,5%. (KARAOSMANOGLU, 2007)

2.6 PURIFICAÇÃO DO BODIESEL

Quando a reação de transesterificação for incompleta, ou caso a purificação não seja eficiente, o biodiesel produzido pode ficar contaminado com glicerol, triglicerídeos e álcool. A presença de contaminantes pode ser prejudicial para os motores e para o meio ambiente. Os ésteres deverão ser lavados com água e, posteriormente, secos. (VIEIRA, 1997)

A purificação de biodiesel por via seca vem sendo bastante aceita pelo fato de não utilizar água no processo gerando menor quantidade de efluentes. Estudos revelam que o processo

pode se tornar mais rápido e não há geração de resíduos aquosos. Vários são os adsorventes que podem ser utilizados neste processo; silicato de magnésio, silicato de alumínio, silicato de sódio, silicato de cálcio. (FACCINI, 2008)

2.7 AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO E GÁS

Segundo a resolução ANP N° 14, DE 11.5.2012, da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, o biodiesel é definido como um combustível para motores a combustão interna, com ignição por compressão, renovável e biodegradável, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais, que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil e que precise atender as seguintes definições.

Tabela 1 – Parâmetros ANP.

Característica	Unidade	Limite	Método		
			ABNT NBR	ASTM D	EN/ISO
Ponto de fulgor, mín.	°C	100,0	14598	93	EN/ISO 3679
Densidade	g/cm ³	0,82-086	-	4052	-
Ponto de névoa, mín.	°C	0	-	2500	-
Índice de acidez, máx.	mgNaOH/g	0,50	14448	664	EN/ISO 14104
Viscosidade cinemática a 40°C	mm ² /s	3,0 a 6,0	10441	445	EN/ISO 3104

Fonte: [17].

2.8 GLICERINA

A glicerina pura possui inúmeras aplicações para a indústria de alimentos, química e farmacêutica. Os processos de purificação da glicerina são a filtração, destilação a vácuo, descoloração e troca de íons para remover o K⁺ e Na⁺ utilizados como catalisadores [18].

O uso da glicerina que sobra como subproduto, da elaboração do biodiesel para produzir o propeno, resina obtida até aqui de derivados de petróleo e utilizada para fazer polipropileno. Esse plástico é amplamente utilizado em automóveis, eletrodomésticos, seringas descartáveis, fraldas, embalagens para alimentos e produtos de limpeza. (MILLI et al., 2011)

Segundo Apolinário et al. (2014), a glicerina é utilizada em diversos ramos da indústria farmacêutica, química e alimentícia compondo cápsulas, xaropes, pomadas, tintas, vernizes e também como conservante de alimentos e refrigerantes. A glicerina produzida como subproduto do biodiesel torna-se um mercado a se explorar, diante das suas diversas aplicabilidades. Em

comparação com a produzida via derivados de petróleo ela possui diferenças na cor e na quantidade de resíduos.

Recentemente a glicerina vem sendo utilizada em rações animais, pois a glicerina é o único coproduto associado à cadeia produtiva do biodiesel que tem valor energético, que contribui para dietas animais. Por ter sabor adocicado é aceito facilmente com outros elementos da ração (farelos, grãos moídos, etc.). (CARVALHO, 2013)

2.9 PURIFICAÇÃO DA GLICERINA

Os diferentes destinos que a glicerina tem faz com que seja necessária a análise da qualidade para cada fim desejado. (CARVALHO, 2013)

Para produção de sabões é necessário um tratamento resultante da separação do biodiesel, por cerca de 10% do volume de matéria prima se transforma em glicerina. As técnicas empregas no tratamento da glicerina consistem na queima do produto para aproveitamento do poder calorífico, este processo está em desuso visto que se não controlado propicia a emissão de gases poluentes. O uso nas indústrias requer um elevado grau de pureza, que só pode ser alcançado em processos como o de destilação. (MENDES e SERRA, 2012)

3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Os procedimentos de produção e testes de qualidade foram executados no Laboratório de Química do Curso de Engenharia Química da Faculdade Satc. O óleo utilizado na pesquisa foi recolhido por meio de doações na própria instituição. Os óleos utilizados foram classificados como: claro, médio e escuro.

Para preparar o biodiesel foi necessário determinar a acidez do óleo de fritura pelo método titulométrico, usando solução de NaOH 0,1 M. Com o valor determinado de índice de acidez foi possível preparar a solução de metóxido de sódio.

Com a solução de metóxido de sódio preparada, o óleo foi aquecido até 50°C. Foi adicionada a solução preparada de metóxido e deixou-se em agitação em tempos variados para observar a relação entre tempo de agitação x quantidade de produto. Após a agitação o biodiesel foi transferido para uma ampola de decantação para que houvesse a separação de fases, após isso o biodiesel foi removido, filtrado com sulfato de sódio e ao final foi aquecido na estufa a 150°C para retirar o restante da água presente.

Foram feitas análises de rendimento, densidade, ponto de fulgor, ponto de névoa, índice de acidez e viscosidade. O rendimento foi realizado por meio de medições analíticas com

vidraria; a densidade foi determinada pela razão da massa pelo volume do biodiesel, utilizando balança analítica e provetas; o ponto de fulgor por meio de exposição a faísca em diferentes temperaturas do biocombustível; o ponto de névoa foi determinado resfriando o biodiesel em banho-maria invertido; o índice de acidez foi determinado por método titulométrico com solução de NaOH 0,1 M.

Para o reaproveitamento do subproduto, glicerina, foi preparado sabão líquido com reaproveitamento de sabão em barra, para isso foi diluído um sabão em barra picado em 1 L de água destilada a 50°C, em seguida foi adicionado 1 colher de glicerina e algumas gotas de essência.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente foi realizada a titulação para determinar o índice de acidez de cada tipo de óleo (claro, médio e escuro) para determinar a quantidade de catalisador necessário para neutralizar os ácidos carboxílicos do óleo sem que ocorra a saponificação. O resultado de todos os óleos não obteve diferença na análise.

O objetivo dos experimentos realizados foi de determinar em quanto tempo a reação da produção de biodiesel se completa, para isso foram feitas amostras de 100 mL de óleo e 50 mL de metóxido de sódio em duplicata com tempos variados de: 0, 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos.

Os resultados de rendimento são apresentados na Tabela 2. Os testes foram feitos em triplicata, para cada tempo estabelecido e foi pego a média.

Tabela 2 – Rendimento.

Tempo da amostra (minutos)	Rendimento (%)
0	0
1	52,6
3	56,7
5	58,0
10	56,7
15	62,0
20	61,0
25	61,6
30	59,0

Observa-se que após ser misturado no agitador magnético o rendimento se torna quase o mesmo para todos os intervalos de tempo, visto que após ser transferido para a ampola de decantação a reação continua ocorrendo. A disparidade que houve nos outros rendimentos explica-se por outras variáveis e fatores externos que podem ter atrapalhado na hora da reação, como: qualidade do óleo usado, higienização de equipamentos e erros grosseiros.

Com os rendimentos foi possível fazer uma curva de tempo x rendimento.

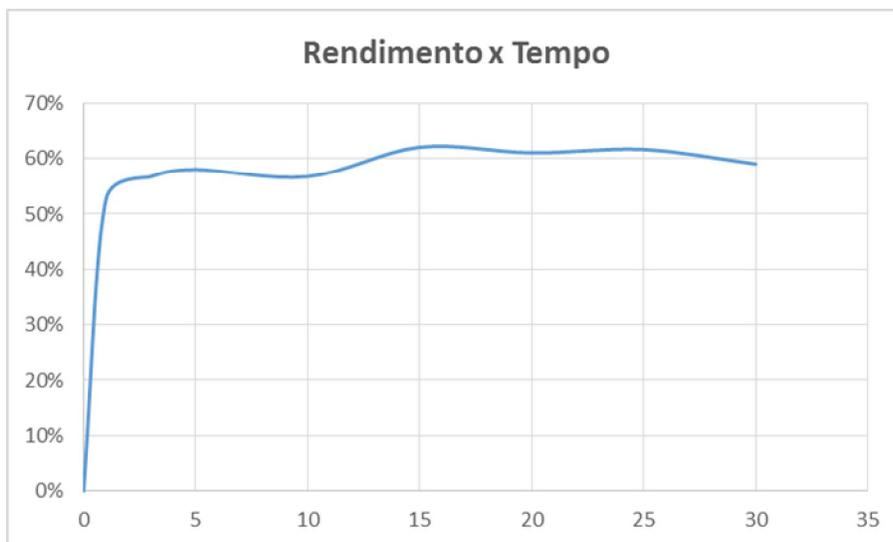


Figura 1 - Rendimento

Após a análise do tempo reacional observa-se que a diferença entre os rendimentos se torna mínima, pois a reação continua ocorrendo durante a decantação do produto na ampola de decantação. Outro fator que influencia nesse resultado é o tempo reacional relativamente pequeno da transesterificação, alguns estudos indicam que a reação converte os reagentes em ésteres em um valor médio de 5-10 minutos e estabiliza no valor máximo de 20-30 minutos. (ENCINAR et al., 2002)

Em seguida foram analisados os parâmetros referentes aos parâmetros estabelecidos pela ANP. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Segundo os parâmetros da ANP as amostras de 1 e 3 minutos obtiveram um desvio de 0,01 g/cm³ na densidade, isto se dá por algum erro grosseiro na medição ou pesagem do produto. O restante das amostras ficou dentro dos padrões estabelecidos.

A glicerina, produzida como subproduto da reação de transesterificação, foi recolhida para a produção de sabonetes líquidos. O rendimento da glicerina produzida está descrito na Tabela 4.

O rendimento da glicerina pode variar de acordo com vários fatores, como, qualidade da matéria-prima, umidade de ar, higienização de vidrarias, dentre outros. Outro ponto a ressaltar é o fato de que a glicerina produzida não é totalmente pura, isto explica parte da variação da quantidade de glicerina. Com o reaproveitamento da glicerina foi possível produzir o sabão líquido.

Tabela 3 – Resultados dos Parâmetros.

Tempo da amostra	Densidade (g/cm³) ou	Ponto De Fulgor (°C)	Ponto De Névoa (°C)	Índice De Acidez (mgNaOH/gBiodiesel)	Viscosidade (mm²/s)
0	-	-	-	-	-
1	0,87	204	0,1	0,35	7,05
3	0,86	200	0,3	0,39	5,18
5	0,86	205	0,3	0,37	4,85
10	0,84	205	0,3	0,38	4,17
15	0,86	208	0,2	0,38	5,19
20	0,84	185	0,2	0,38	4,74
25	0,86	191	0,6	0,36	4,86
30	0,85	196	0,1	0,34	4,49

Tabela 4 – Rendimento da glicerina

Tempo da amostra (minutos)	Rendimento (mL)
0	0
1	10
3	21
5	12
10	31
15	31
20	24
25	24
30	21

5. CONCLUSÕES

A produção do biodiesel utilizando óleo usado realizada neste estudo mostrou que a relação entre tempo reacional x rendimento não resultou em grandes diferenças após os reagentes

serem agitados, isto demonstra que o tempo reacional de conversão do óleo em ésteres etílicos é relativamente baixo, como já citado por outros autores. As amostras preparadas obtiveram um rendimento médio de 54,8% de produção de ésteres etílicos. O tempo reacional que obteve melhor desempenho na produção do biodiesel foi o de 15 min, o resultado obteve uma diferença pequena em comparação com as outras amostras, isto se dá pela reação ser relativamente curta. A glicerina produzida foi reutilizada na produção de sabonete líquido. As amostras produzidas foram comparadas com a portaria Nº 14, de 11.5.2012 da ANP e somente algumas amostras obtiveram um desvio de 0,01 na densidade, esse desvio explica-se por diversas causas, sendo a principal um erro grosseiro. Comparando-se com os outros parâmetros as amostras se mantiveram dentro do estabelecido pela ANP.

REFERÊNCIAS

ANP. *Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis*. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2012/maio/ranp%2014%20-%202012.xml> Acesso em: 09 set. 2015.

APOLINÁRIO, F.D.B.; PEREIRA G.F; FERREIRA P.F. *Biodiesel e Alternativas para utilização da glicerina resultante do processo de produção de biodiesel*. 2014, Disponível em: <<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/2406/1295> > Acesso em 11 de setembro de 2015

BROWN, T. L., LEMAY, H. E. JR., BURSEN, B. E. *Química - A Ciência Central*. 9ª Ed. São Paulo: Pearson, 2005, p. 516 e 521

CARVALHO Y.K. *Avaliação Do Uso Da Glicerina Proveniente Da Produção De Biodiesel Na Conservação De Peças Anatômicas*. 2013 Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/pvb/v33n1/21.pdf>> Acesso em 23 de setembro de 2015

COSTA NETO, P.R. *Obtenção de ésteres alquílicos (biodiesel) por via enzimática a partir do óleo de soja*. Tese doutorado; curso de Pós-Graduação em Eng. Química da Universidade Federal de Santa Catarina, 531p. 2002.

ENCINAR, J. M.; GONZÁLEZ, J. F.; RODRÍGUEZ, J. J.; TEJEDOR, A.; *Energy Fuels*. 2002, 16, 443.

FACCINI, C.S. *Uso de adsorventes na purificação de biodiesel de óleo de soja*. Dissertação mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFGS, Porto Alegre, RS, 68p., Mai 2008.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. *Biodiesel de Soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia*. *Química Nova*, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005

GAMBA, M. *Produção de biodiesel através de catálise enzimática em líquido iônico*. Dissertação mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.; Brasil, 55p. Abril 2009.

GONZALEZ, S.L. *Produção contínua de biodiesel por transesterificação de óleo do fruto de macaúba (Acromia aculeata) e óleo de fritura em metanol e etanol supercrítico*. Tese doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.; Brasil, 251p. Out. 2012.

HAAS, M. J.; SCOTT, K. M.; ALLEMAN, T. L.; MCCORMICK, R. L.; *Energy Fuels* 2001, 15, 1207

LOFRANO, R.C.Z. *Uma revisão sobre biodiesel*. Pensamento plural: Revista científica do UNIFAE, São João de Boa Vista, Vol. 2, Nº 2, 2008.

MORRISON, R. & BOYD, R. *Química Orgânica*. 14a Ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2005.

KARAOSMANOGLU, F. *Vegetable Oil Fuels: A Review*. *Energy Sources*, v. 21, nº. 3. 221-231(11), 2007.

KRAUSE, L.C. *Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal*. Tese doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.; Brasil, 130p. Mar. 2008.

MENDES D. B. SERRA J.C.V *Glicerina: Uma Abordagem Sobre a Produção e o Tratamento*. 2012 Disponível em <[http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2013,%20n.%2020%20\(2012\)/4.Glicerina%2023.11.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2013,%20n.%2020%20(2012)/4.Glicerina%2023.11.pdf)> acesso 11 de setembro 2015

MILLI B. B; GRIPA D. C.; SIMONELLI G. *Aplicações Alternativas Da Glicerina Oriunda Do Biodiesel 2011* Disponível em <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/exatas/Aplicacoes%20alternativas.pdf>> acesso em 11 de setembro de 2015

RAMOS, L. P.; COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; *Quim. Nova* 2000, 23, 531.

SAKA, S.; KUSDIANA, D.; *Fuel* 2001, 80, 225.

SALVADOR, A.A.; Ribas, C.; Mazo, L.; Palharez, S. *Biodiesel: aspectos gerais e produção enzimática*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.; Brasil. 2009.

SHUCHARDT, U. F.; SERCHELI, R.; VARGAS, M.; J. BRAZ. *Chem. Soc.* 1998, 9, 190.

VIEIRA, J. N. de S. *O biodiesel e o desafio da inclusão social. Cadernos de Alto Fundo/ Biodiesel e Inclusão Social do Conselho de Altos Estudos*. Brasília, 2008, Resolução nº 17, 1997. Disponível em:
http://apache.camara.gov.br/portal/arquivos/Camara/internet/conheca/altosestudos/temas.html/Biodiesel1/Publica%C3%A7%C3%A3o%20Cap%C3%ADtulos%208_10%20a%208_12.pdf
. Acesso em: 8 Mar. de 2016.