



SÍNTESE DE BIODESEIS DE OLEO DE ALGODÃO, ÓLEO DE BABAÇU E ÓLEO DE MAMONA NA BUSCA POR FORMAS SUSTENTÁVEIS DE ENERGIA

LAYS CAMILA DE SOUSA

Centro Universitário de Formiga - UNIFOR MG
layscs@hotmail.com

RAYANNA PINHEIRO CUNHA

Centro Universitário de Formiga - UNIFOR MG
rayanna_pinheiro@hotmail.com

CHRISTIANE PEREIRA ROCHA

Centro Universitário de Formiga - UNIFOR MG
chrispereirarochoa@gmail.com

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa de estudo e ao UNIFOR pelos recursos disponibilizados



III Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (III SINGEP) II Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (II S2IS)

SÍNTESE DE BIODIESEIS DE OLEO DE ALGODÃO, ÓLEO DE BABAÇU E ÓLEO DE MAMONA NA BUSCA POR FORMAS SUSTENTÁVEIS DE ENERGIA

Resumo

A utilização de biodiesel, como combustível, vem apresentando um potencial promissor no mundo inteiro, em virtude, principalmente, dos aspectos ambientais envolvidos. O processo mais utilizado para sua produção é a reação de transesterificação usando catalisadores alcalinos, sendo as principais matérias-primas empregadas: óleos vegetais e residuais e gorduras animais. Algumas fontes para extração de óleo vegetal, com potencial para ser utilizado na produção de biodiesel, são a babaçú, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco de babaçú, semente de girassol, caroço de algodão, entre outras. Assim, o presente trabalho visou à obtenção do biodiesel a partir da mistura binária do óleo de algodão com outras duas oleaginosas. Propôs-se a produção com 50% de óleo de algodão e 50% de óleo de babaçú, bem como 50% de óleo de algodão e 50% de óleo de mamona, tendo como catalisador hidróxido de sódio. Posteriormente fez-se comparação da eficiência entre ambos biodieseis de acordo com parâmetros físico-químicos: aspecto, índice de acidez, índice de iodo e teor de umidade, de acordo com os padrões exigidos pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Ambos os biodieseis produzidos apresentaram alto índice de acidez.

Palavras-chave: biodiesel, mistura binária, óleos vegetais, sustentabilidade.

Abstract

The use of biodiesel as a fuel, has shown a promising potential in the world, due mainly to the environmental aspects involved. The most widely used process for its production is the transesterification reaction using alkaline catalysts, the main raw materials used: vegetable and waste oils and animal fats. Some sources for extraction of vegetable oil, with potential to be used in biodiesel production, are berry castor, almond coconut palm, babassu coconut almond, sunflower seed, cottonseed, among others. Thus, this study aimed to obtain biodiesel from the binary mixture of cottonseed oil with two other oil. Proposed to production with 50% cottonseed oil and 50% of babassu oil and 50% cottonseed oil and 50% castor oil, and sodium hydroxide as a catalyst. Later became comparison of efficiency between both biodiesels according to physico-chemical parameters: appearance, acid value, iodine value and moisture content, in accordance with the standards required by the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP standards). Both biodiesels produced showed high acidity.

Keywords: biodiesel, binary mixture, vegetable oils, sustainability.



III Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (III SINGEP) II Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (II S2IS)

1. Introdução

A preocupação com a limitação dos recursos naturais obriga governos e empresas a pensarem de forma mais sustentável, pois é a atividade humana a principal responsável pela alteração do clima do planeta, com a emissão de gases poluentes, desmatamento e queima de combustíveis fósseis.

Nos últimos anos a procura por combustíveis renováveis tem aumentado muito, seja pelo crescente preço do petróleo ou pela preocupação com o meio ambiente, devido às mudanças climáticas induzidas normalmente pelo uso de combustíveis fósseis, tornando as fontes renováveis de energia extremamente importantes.

O Brasil, pelas suas condições de solo e clima, se destaca na produção mundial de biocombustíveis, pois como são obtidos de fontes renováveis, não são tóxicos, são biodegradáveis, e livres de enxofre e material carcinogênico. O biodiesel é um grande potencial para o uso como alternativa de abastecimento de ciclo-diesel.

Neste contexto, este trabalho vem para analisar a possibilidade da produção do biodiesel a partir da mistura binária do óleo de algodão com outras duas oleaginosas na proporção de 50% de óleo de algodão e 50% de óleo de babaçu, bem como 50% de óleo de algodão e 50% de óleo de mamona, tendo como catalisador hidróxido de sódio, que são recursos renováveis capazes de emitir menos poluentes, a fim de não prejudicar a natureza.

2. Referencial Teórico

Desde o século passado, os combustíveis derivados do petróleo têm sido a principal fonte de energia mundial. No entanto, previsões de que esse recurso deva chegar ao fim, somadas às crescentes preocupações com o ambiente, têm instigado a busca de fontes de energia renovável (Ghassan et al., 2003).

O biodiesel é fonte de energia alternativa e renovável além de substituto principalmente do óleo diesel, combustível de origem não renovável. Os principais materiais utilizados para a produção do biodiesel são óleos vegetais (óleo de soja, girassol, canola, mamona, dendê, etc) e gorduras animais como sebo bovino e gordura de frango, e ainda o uso do óleo residual de frituras. (SILVA, 2012).

O biodiesel possui grande importância estratégica, econômica, ambiental e social, diminui a demanda pelo diesel de origem fóssil e a consequente dependência externa desse derivado de petróleo, além de ser vantajoso ambientalmente já que emite menos gases do efeito estufa quando é considerado todo o ciclo de produção e uso do biodiesel e do diesel. (SOARES, 2011).

O Brasil possui várias alternativas de matérias-primas para a produção do biodiesel pois cada cultura se desenvolve melhor em determinadas condições de solo, clima e altitude. Para a região do semi-árido as oleaginosas mamona, girassol e o babaçu são importantes por terem altos teores de óleo. Já na região norte a principal matéria-prima é o dendê. O amendoim, pinhão manso e a soja devem ser as principais matérias-primas das regiões mais frias. A produção de biodiesel contribui para o desenvolvimento econômico regional na medida em que se explora a melhor alternativa de fonte de óleo específica de cada região. (SOARES, 2009).

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hisutum*) é uma planta de grande complexidade morfológica, possuindo particularidades importantes utilizadas, inclusive, na identificação da espécie dentro do gênero *Gossypium* e da família Malvaceae, da qual ele faz parte. A planta de algodoeiro herbáceo possui uma estrutura organográfica singular com dois tipos de ramificação, apresentando ramos frutíferos e vegetativos, dois tipos de macrofilo (frutíferos e



III Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (III SINGEP) II Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (II S2IS)

vegetativos) flores completas possuindo um terceiro verticilo floral, as brácteas, que faz uma proteção extra e pode possuir, na base interna e externa, glândulas de secreção, além de apresentar prófilos, folhas sem bainha com duas estípulas, dois tipos de glândulas e pelo menos duas gemas na base de cada folha (BELTRÃO, 1999). A qualidade dos óleos é determinada pela quantidade e qualidade dos ácidos graxos insaturados que os compõe. A semente de algodão contém de 14 a 25% em média de óleo (BLETRÃO, 1999), o qual 1-2% é de ácido graxo mirístico, 18-25% de palmítico, 1-25% de esteárico, 1-2 de palmitoléico, 17-38% de oléico e 45-55% de linoléico (SOLOMONS, 2002).

O babaçu (*Orbignya spp*), uma das palmeiras nativas mais representativas do Brasil, é encontrado com maior frequência nas regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste (Batista et al., 2006). Os frutos do babaçu são ovais e alongados, de coloração castanha (Lima et al., 2008), constituindo-se de quatro partes: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas (de 3 a 4 por fruto) (Santos, 2008). As amêndoas são brancas, recobertas por uma película castanha e contém elevado teor de óleo, além de sais minerais, fibras, proteínas e carboidratos (Freitas, 2003). Conforme Lima et al. (2006), o babaçu é considerado o maior recurso oleífero nativo do mundo. Cerca de 65% do peso da amêndoa é óleo e esse constitui a parte de maior valor (Albuquerque, 2006).

O biodiesel é feito comercialmente pela transesterificação de óleos ou gorduras com um álcool, geralmente metanol com um catalisador alcalino (HAAS et al., 2002). A reação de transesterificação pode ser descrita, de maneira geral, como o processo químico mais viável em todo o mundo para a produção do biodiesel. Consiste em reagir um triacilglicerídeo com um álcool inferior, na presença de um catalisador, resultando na produção de uma mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos (denominado de biodiesel) e glicerol. Esta transformação ocorre em três etapas sequenciais: inicialmente, as moléculas de triacilglicerídeos são convertidas em diacilglicerídeos, depois em monoacilglicerídeos e, finalmente, em glicerol, produzindo um mol de éster a cada etapa reacional e liberando a glicerina como coproduto, que possui um alto valor agregado, com importante aplicação comercial, por exemplo, nas indústrias químicas, farmacêuticas e de cosméticos (ZHANG et al., 2003).

As pesquisas acerca deste combustível têm acelerado pela crescente consciência ambiental associada com a tendência mundial em diminuir a dependência de combustíveis fósseis. (MANIQUE, 2011).

3. Metodologia

O óleo de coco de babaçu foi adquirido na empresa EMFAL – Especialidades Químicas, em Betim – MG, o óleo de mamona adquirido pela empresa Cromoline Química Fina Ltda, já o óleo de algodão comprado na empresa Mundo dos Óleos em Luziânia – GO. Antes de passar pela síntese o óleo de coco de babaçu precisou ser aquecido até atingir o estado líquido.

A síntese iniciou-se com o processo de transesterificação, esta foi obtida com razão molar de 6:1 álcool metílico/mistura, com 1,5 % de catalisador. Primeiramente foi preparada uma solução de metóxido de sódio que consiste em 2,41 g de hidróxido de sódio (NaOH) dissolvida em 60 ml de metanol. Foram utilizados 150 ml de óleo de algodão e 150 ml de óleo de coco de babaçu. Em um balão de três bocas, juntamente com o óleo, adicionou-se o metóxido de sódio a temperatura de aproximadamente 60°C. Manteve-se a mistura sob constante agitação de 300 rpm, durante um tempo de 60 minutos, com temperatura de aproximadamente 80°C. (Figura 1). O mesmo procedimento foi realizado utilizando 150 ml de óleo de algodão e 150 ml de óleo de mamona.



III Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (III SINGEP) II Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (II S2IS)



Figura 1. Reator

Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

Após a reação de transesterificação, as misturas obtidas foram transferidas para um funil de decantação, onde, por 12 horas, houve a separação da glicerina e do biodiesel. Depois da separação, os biodieseis foram transferidos para um béquer seco e levados à capela por 10 minutos, numa temperatura de aproximadamente 90°C, para volatilizar o metanol (Figura 2).



Figura 2: Capela

Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

Em seguida fez-se a lavagem dos biodieseis para purificação dos mesmos. Posteriormente os biodieseis foram deixados em estufa por 12 horas a aproximadamente 100°C, para desumidificação do mesmo (Figura 3).



Figura 3: Estufa
Fonte: Arquivo pessoal, 2014.

As especificações analisadas dos biodieseis, determinadas pela Resolução ANP 14/2012, foram:

Aspecto: a cor do combustível é uma característica físico-química que pode indicar alterações, podendo estar relacionadas com contaminações e degradação por estocagem prolongada ou até mesmo problemas relacionados à produção. Portanto, o biodiesel produzido foi observado, contra a luz, e analisado visualmente, caracterizando-o de acordo com a classificação descrita por Teixeira (2010), podendo ser: Heterogêneo quando apresentar duas fases; Límpido com impurezas e cristais; LII-Límpido e isento de impurezas; Turvo (névoa) com impurezas; e Turvo (névoa) e isento de impurezas.

Índice de acidez: uma acidez elevada poderá ter efeito de solvente forte nas borrachas e tubos, provocando a ruptura dos mesmos, além de levar à formação de depósitos, provocando o entupimento do filtro do combustível ou a diminuição da pressão do mesmo. A determinação do índice de acidez foi feita pela adição de solução de éter/álcool (2:1) à amostra e titulação com solução de hidróxido de sódio. O cálculo do índice de acidez foi feito através da Equação (1), em que IA é o índice de acidez, V é o volume (mL) da solução de hidróxido de sódio a 0,1 N gasto na solução, f é o fator da solução de hidróxido de sódio e P é a massa (g) da amostra.

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

Índice de iodo: o índice de iodo indica o grau de insaturação do óleo, gordura ou biodiesel. Considerando que o iodo reage com as duplas ligações, verifica-se que quanto maior o grau de insaturação, maior será proporcionalmente, o índice de iodo. A partir dos métodos da AOCS (REAPROVED, 1997 APUD SILVA, 2008) foi feita a determinação do grau de iodo, que consiste em pesar 0,05 g da amostra de óleo e uma amostra em branco, onde foi adicionado 3ml de clorofórmio, para solubilizar as amostras e 10 ml de solução de Wij's. Após agitação os frascos foram deixados em repouso por 2 horas em local escuro. Decorrido o tempo, foram adicionados 8 ml de iodeto de potássio (KI) 10% e 60 ml de água destilada



III Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (III SINGEP) II Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (II S2IS)

para que sejam feitas as titulações com a solução de tiosulfato de sódio 0,1 mol/L, sob vigorosa agitação até que a coloração da amostra adquira uma coloração amarelada mais clara, onde foi adicionado 1 ml de indicador de amido e a titulação foi continuada até que a coloração da amostra desapareça. O cálculo do índice de iodo foi feito a partir da Equação (2), onde: II é o índice de Iodo, PB é o volume gasto na prova em branco (ml), A é o volume gasto do titulante (ml), M é molaridade [0,1 mol/L de tiosulfato de sódio, F é o fator de correção e P é o peso da amostra de óleo(g).

$$II = \frac{(PB - A) \cdot M \cdot F \cdot 12,69}{P} \quad (2)$$

Teor de umidade: A determinação do teor de umidade foi realizada de acordo com o método descrito pela AOCS Bc-249 (American Oil Chemists Society, 1985). Este método determina a umidade e materiais voláteis expressos em porcentagem a partir da perda de peso sobre a amostra. Para a realização do ensaio, pesou-se 10 ml da amostra em uma cápsula de porcelana e colocou-se para secagem em estufa a temperatura de $90 \pm 1^\circ\text{C}$ até peso constante. O valor foi calculado pela Equação (3), onde m1 é o peso (g) da amostra pesada e m2 é o peso (g) da amostra pesada após o aquecimento.

$$\text{Teor de Umidade} = \frac{m1 - m2}{m1} \quad (3)$$

Cromatografia Gasosa: A análise do perfil dos ácidos graxos foi realizada pela empresa Eurofins do Brasil Análises de Alimentos Ltda, na cidade de Indaiatuba, São Paulo, através do método da ISO 12966-2 UND ISO 5508. Na cromatografia a amostra é vaporizada e passa por uma coluna com temperatura compatível para mantê-la neste estado. Um gás sob-pressão transporta a amostra pela coluna que irá reter, por mais ou menos tempo, seus componentes de acordo com a afinidade, permitindo a separação da mistura de componentes da amostra analisada. Separados, os vários componentes são enviados a um detector sensível que os quantifica. A análise foi realizada nos óleos brutos.

4. Análise dos resultados

O óleo de Coco de Babaçu possui características excelentes para produção de biodiesel, devido sua composição ser predominantemente de ácidos graxos saturados (láurico, palmítico e esteárico). Este fato facilita a reação de transesterificação, pois os ésteres láuricos são compostos de cadeias curtas que interagem mais eficaz e efetivamente com o agente transesterificante e com o catalisador, juntamente com os ácidos graxos monoinsaturados presentes no óleo de algodão (Tabela 1.), tende-se a obter um produto, biodiesel, de excelentes características físico-químicas.

A presença de uma maior concentração de ácidos graxos saturados é vantajosa devido a dois fatores, que são: esses compostos tem alto número de cetano, o que promovem uma boa qualidade de combustão e eles são menos propensos à oxidação e polimerização que os insaturados. Entretanto, os ácidos graxos saturados apresentam uma tendência a cristalizar em temperaturas baixas, o que pode limitar o uso desses biocombustíveis em áreas de clima frio. A mamona possui, em sua maioria, ácidos graxos insaturados, principalmente o linoleico e oleico, que são facilmente oxidados e polimerizados, podendo causar um aumento da viscosidade do biodiesel, formando materiais insolúveis que podem entupir os filtros ou até corroer os componentes do sistema de injeção do combustível.



III Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (III SINGEP) II Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (II S2IS)

Tabela 1:

Composição de ácidos graxos presentes no óleo de fritura residual e no óleo de algodão

Tipos de ácidos	Óleo de Algodão (%)	Óleo de Babaçu (%)	Óleo de Mamona (%)
Ácidos saturados	16,2	82	19,2
Ácidos monoinsaturados	28,4	15,8	34,7
Ácidos trans	1,4	< 0,1	1,0

A Tabela 2 apresenta os resultados encontrados nas análises físico-químicas.

Tabela 2:

Características físico-químicas dos biodieseis produzidos.

Análises	Especificações ANP	Biodieseis	
		50% óleo de algodão e 50% óleo de babaçu	50% óleo de algodão e 50% óleo de mamona
Aspecto	Límpido e isento de impurezas	Límpido e isento de impurezas	Límpido e isento de impurezas
Índice de Acidez (mg KOH/g)	< 0,5 mg	1,22	0,8415
Índice de Iodo (g/100 g)	Não estabelecido, anotar valor.	154,82	157,34
Teor de Umidade (% água)	0,02%	0,00%	0,00%

O aspecto é uma análise preliminar, onde se busca verificar a presença de impurezas que possam ser identificadas visualmente. Pode estar relacionado também com características das moléculas do biodiesel e com o processo de degradação durante a estocagem. (LÔBO et al., 2009). O aspecto dos biodieseis produzidos encontra-se adequado de acordo com a Resolução nº 14 de 2012/14/2012 da ANP.

Os índices elevados de acidez indicam estado de degradação, afetando a estabilidade térmica e oxidativa de óleos e combustíveis. (FREIRE, 2009). Nenhuma das duas proporções produzidas atendeu a especificação exigida.

Segundo Teixeira (2010) quanto maior for o índice de iodo do biodiesel, maior é a sua instabilidade oxidativa que desfavorece suas aplicações industriais como lubrificante e combustível. Na Resolução o valor deve ser apenas anotado.

Para o teor de umidade ambos os biodieseis apresentaram resultados nulos. A presença de umidade pode ser indicada como problema, visto que, causa a desativação do catalisador, favorecendo assim a formação de ácidos graxos livres. (TEIXEIRA, 2012).

5. Conclusões/Considerações finais

A síntese de biodiesel, proposta neste experimento, é viável, pois a reação de transesterificação ocorreu satisfatoriamente. Porém os biodieseis produzidos apresentaram um índice de acidez superior ao exigido pela Resolução ANP Nº 14, DE 11.5.2012 - DOU 18.5.2012 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).



III Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (III SINGEP) II Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (II S2IS)

6. Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Biocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=470>>. Acesso em: 22 abr. 2012.
- ALBUQUERQUE, N.I. de. 2006. *Emprego do babaçu (Orbignya phalerata) como fonte energética para catetos (Tayassu tajacu)*. 80f. (Tese de Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.
- A.O.C.S; American Oil Chemists Society: Official and Tentative Methodo 3^a ed., Chicar-go, Vol. 1: 1985.
- BATISTA, C.P., Torres, O.J.M., Matias, J.E.F., Moreira, A.T.R., Colman, D., Lima, J.H.F. de, Macri, M.M., Rauen Jr., R.J., Ferreira, L.M., Freitas, A.C.T. de. 2006. Efeito do extrato aquoso de *Orbignya phalerata* (babaçu) na cicatrização do estômago em ratos: estudo morfológico e tensiométrico. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 21 Supl 3: 26-32.
- BELTRÃO, N. E. M.; O Agronegócio do Algodão no Brasil, 1a edição, EMBRAPA, Campina Grande –PB, 1999, V. 1.
- FREIRE, L. S. **Otimização da síntese etanólica do biodiesel de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e determinação de seus parâmetros fluidodinâmicos**. 2009. 100 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba – UFP, João Pessoa, 2009.
- FREITAS, A.P.B. 2003. *Leite de amêndoa de babaçu: caracterização e tecnologia*. (Monografia de Graduação) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, Brasil.
- GHASSAN, T. A.; MOHAMAD I. AL-WIDYAN, B.; ALI O, A. Combustion performance and emissions of ethyl ester of a waste vegetable oil in a water-cooled furnace. *Appl. Thermal Eng.*, v.23, p.285-293, 2003.
- HAAS, Y.; BARKEMA, H. W.; VEERKAMP, R. F. The effect of pathogen - specific clinical mastitis on the lactation curve for somatic cell count. *Journal Dairy Science*, v. 85, n. 5, p. 1314-1323, 2002.
- LIMA, A.M., Vidaurre, G.B., Lima, R.M., Brito, E.O. 2006. Utilização de fibras (epicarpo) de babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada. *Revista Árvore*, v.30, n.4, p.645-650.
- LIMA, C.G., Vilela, A.F.G., Silva, A.A.S. da, Piannovski, A.R., Silva, K.K., Carvalho, V.F.M., Muisis, C.R. de, Machado, S.R.P, Ferrari, M. 2008. Desenvolvimento e avaliação da estabilidade física de emulsões O/A contendo óleo de babaçu (*Orbignya oleifera*). *Revista Brasileira de Farmácia*, v.89 n.33, p. 239-245.
- LÔBO, Ivon Pinheiro; FERREIRA, Sérgio Luis Costa; CRUZ, Rosenira Serpa da. Biodiesel: Parâmetros de Qualidade e Métodos Analíticos. **Quím, Nova**, São Paulo, v. 32, n.6, p. 1596-1608, 2009.



III Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (III SINGEP) II Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (II S2IS)

MANIQUE, M. C. **Caracterização e utilização da cinza de casca de arroz como adsorvente na purificação de biodiesel de óleo de fritura.** Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais-Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SANTOS, N.A. 2008. *Propriedades termo-oxidativas e de fluxo do biodiesel de Babaçu (Orbignya phalerata).* 129f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

SILVA, M. J. da et al. Motor gerador ciclo diesel sob cinco proporções de biodiesel com óleo diesel. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 16, n. 3, 2012 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000300014&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 09 abr. 2012.

SOARES, I. P. **Processo de produção de biodiesel por rota supercrítica.** EMBRAPA, 2011. Disponível em: <http://www.embrapa.br/embrapa/imprensa/artigos/2011/processo-de-producao-de-biodiesel-por-rota-supercritica>. Acesso em 07 mar. de 2012.

SOARES, Waldicio da Silva. **Estudo da correlação entre as características da matéria prima graxa e as propriedades físico-químicas do biodiesel.** 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SOLOMONS, T. W.; Química orgânica 2, 7 ed. LTC, Rio de Janeiro, 2002.

TEIXEIRA, Geuza Araújo de Albuquerque. **Avaliação do tempo de vida útil de biodiesel metílico obtido a partir da mistura de sebo bovino e óleos de soja e babaçu.** 150f. Tese (Doutorado) – UFPB, João Pessoa, 2011.

TEIXEIRA, P. S. **Produção e caracterização de biodiesel a partir de misturas binárias de sebo bovino e óleo utilizado em fritura.** 2012. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro Universitário de Formiga – UNIFOR, Formiga, 2012.