

VIABILIDADE DO USO DE ÓLEOS VEGETAIS USADOS EM FRITURAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL E POSSIBILIDADE DE USO DO TEMA EM SALA DE AULA

VINÍCIUS HEIDEMANN DE SOUZA

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Aluno do curso técnico em Química, Câmpus Florianópolis, viniciusheidemann@hotmail.com@ifsc.edu.br

SABRINA MORO VILLELA PACHECO

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Professor de Química, Câmpus Garopaba, sabrinap@ifsc.edu.br

AMÉRICO CRUZ JÚNIOR

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Técnico em Química, Câmpus Trindade, americocruz2000@yahoo.com.br

RESUMO

O presente artigo possui como objetivo apresentar uma breve revisão sobre o que se compreende por biocombustíveis dando ênfase para o biodiesel, os materiais de partida que podem ser utilizados para a sua produção e principais fatores que influenciam no processo. Além disso, comenta-se sobre as principais rotas para produção de biodiesel, enfatizando a viabilidade técnica de produção do mesmo a partir de um material de baixo custo, os óleos residuais utilizados em frituras. Trata-se de um tema atual, cujo conteúdo pode ser utilizado por pesquisadores e estudantes da área, assim como também pode ser usado por professores da área de Química. Além disso, propõe uma forma de abordar o assunto em sala de aula para o ensino de Química.

PALAVRAS-CHAVE

Biodiesel. Óleos residuais. Transesterificação.

VIABILIDADE DO USO DE ÓLEOS VEGETAIS USADOS EM FRITURAS

INTRODUÇÃO

A busca por combustíveis alternativos vem ganhando destaque nas últimas décadas. A substituição dos combustíveis fósseis tem sido motivada por fatores ambientais, econômicos e sociais, uma vez que toda a sociedade depende de seu uso. Dentro desse contexto, uma alternativa ao uso dos combustíveis fósseis e que merece destaque são os biocombustíveis (OLIVEIRA et al., 2008). A expressão biocombustível é associada ao combustível líquido ou gasoso que é produzido a partir de biomassa. São várias as razões para os biocombustíveis serem considerados relevantes tecnologias. Tais razões estão relacionadas à segurança energética, a questões ambientais, à sustentabilidade e a questões relacionadas à socioeconomia do setor rural. As vantagens dos biocombustíveis são: a) o fato de serem facilmente disponíveis a partir de uma fonte comum de biomassa; b) representarem um ciclo fechado de dióxido de carbono, pois os derivados de petróleo aumentam a concentração de CO₂ na atmosfera, enquanto o uso de biomassa permite a reabsorção do CO₂ liberado, possibilitando que um ciclo quase fechado de carbono seja estabelecido; c) vem sendo considerados ambientalmente corretos, principalmente por serem biodegradáveis e contribuírem para sustentabilidade (DEMIRBAS, 2008). De acordo com a Lei No 11.097 de 13 de Janeiro de 2005, o biodiesel pode ser definido como um biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento para geração de outro tipo de energia que possa substituir total ou parcialmente combustíveis de origem fóssil. É constituído por uma mistura de ésteres metílicos e etílicos de ácidos graxos.

O uso de óleos vegetais como biocombustíveis

Os primeiros relatos do uso de óleos vegetais "in natura" no Brasil são da década de 20. Posteriormente, algumas pesquisas foram desenvolvidas no Instituto Nacional de Tecnologia, no Instituto de Óleos do

Ministério da Agricultura e no Instituto de Tecnologia Industrial de Minas Gerais. Neste último, em 1950, registraram-se estudos sobre o uso dos óleos de ouricuri, mamona e algodão em motores diesel (BIODIESELBR, 2019). A partir da década de 70, o cenário energético mundial estava em crise, o que acabou incentivando a redução da dependência de petróleo importado, impulsionando novamente as pesquisas sobre o uso de óleos vegetais.

Diversos estudos realizados com óleos vegetais demonstraram que houve um bom rendimento quando os mesmos foram utilizados em máquinas agrícolas ou caminhões. No entanto, esses estudos demonstraram a existência de algumas desvantagens no uso direto dos óleos "in natura": (a) ocorrência de excessivos depósitos de carbono no motor; (b) obstrução nos filtros de óleo e bicos injetores; (c) diluição parcial do combustível no lubrificante; (d) comprometimento da durabilidade do motor; (e) aumento considerável nos custos de manutenção e (f) possível formação de compostos lacrimogênicos (odor desagradável) e outros carcinogênicos, como as dioxinas (acroleína) (FUKUDA; KONDO; TAMALAMPUDI, 2009; MENANI, 2008; RAMOS et al., 2003).

Outros estudos demonstraram que a alta viscosidade e a baixa volatilidade dos óleos vegetais "in natura" podem provocar sérios problemas ao bom funcionamento do motor.

Para contornar as desvantagens citadas, houve investimento na adaptação dos motores para que o uso de óleos vegetais pudesse ser viabilizado. Contudo, ainda fazia-se necessário desenvolver uma metodologia de transformação química do óleo para que suas propriedades se tornassem mais adequadas ao seu uso como combustível. Dessa forma, em meados da década de 70, surgiram no Brasil as primeiras propostas para modificação de óleos vegetais, cujos objetivos eram melhorar sua qualidade de ignição, reduzir seu ponto de fluidez e ajustar os seus índices de viscosidade e densidade específica (KNOTHE et al., 2006).

VIABILIDADE DO USO DE ÓLEOS VEGETAIS USADOS EM FRITURAS

Apesar de atualmente existirem comissões no senado federal que defendem o uso dos óleos vegetais "in natura" como combustível, conforme notícia publicada por Senadonotícias (2019), estudos realizados já na década de 30 ilustravam que, para se obter o maior valor combustível de óleos vegetais, seria necessário quebrar as ligações éster-glicéridicas dos óleos vegetais e usar diretamente os ácidos graxos remanescentes (NEWS, 1980). A afirmação citada foi um indicativo daquilo que hoje é conhecido como "biodiesel".

A produção de biodiesel - rotas tradicionais

Os maiores componentes de óleos vegetais e gorduras animais são os triacilgliceróis (TAG: muitas vezes chamados triglicerídeos). Quimicamente, os TAGs são ésteres de ácidos graxos (AG) com glicerol (1,2,3 propanotriol).

A reação de craqueamento consiste na quebra das cadeias carbônicas de TAGs de origem animal ou vegetal pelo aumento da temperatura do sistema, resultando em uma mistura de compostos constituída, em sua maioria por hidrocarbonetos lineares (SUAREZ, 2005). As similaridades dos hidrocarbonetos obtidos neste processo aos hidrocarbonetos contidos no biodiesel oriundo do combustível fóssil permite seu uso em motores convencionais.

O biodiesel obtido através do processo de craqueamento foi amplamente usado na China como um substituto ao uso do petróleo, porém, no final da Segunda Guerra houve uma normalização do mercado mundial de petróleo e a utilização do biodiesel foi abandonada (CHANG; WAN, 1947).

Outro processo para produção de biodiesel é a esterificação, que se caracteriza pela reação reversível entre um ácido carboxílico e um álcool produzindo éster e água. Por outro lado, a transesterificação trata-se de uma reação que ocorre entre um éster e um álcool da qual resulta um novo éster e um álcool. Das reações citadas, a mais utilizada para a produção de biodiesel é a reação de transesterificação, pois fornece um

subproduto que possui diversas aplicações em vários segmentos industriais, o glicerol.

Nas reações de transesterificação, a produção de biodiesel forma ésteres alquílicos e glicerol, sendo que a camada de glicerol, mais densa que os ésteres, se deposita no fundo do recipiente da reação. O processo se baseia na reação estequiométrica do álcool glicerol com álcool em presença de um catalisador (MARCHETTI; MIGUEL; ERRAZU, 2007). O processo global de transesterificação de óleos vegetais e gorduras é uma seqüência de três reações reversíveis e consecutivas em que os mono e os diacilgliceróis são intermediários das reações, conforme a Figura 1 (KRAUSE, 2008).

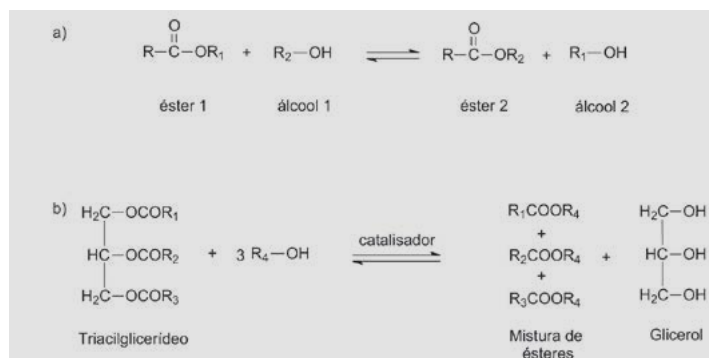


Figura 1: Ilustração das etapas intermediárias e da etapa global de produção de ésteres alquílicos e glicerol a partir de triacilgliceróis e um álcool (KRAUSE, 2008).

As reações de transesterificação podem ser

conduzidas através do uso de um catalisador ácido ou básico, catalisador enzimático ou fluidos supercríticos. Na catálise ácida são normalmente utilizados: ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido clorídrico e ácidos sulfônicos. Embora a reação de transesterificação catalisada por ácidos seja mais lenta em relação a mesma reação catalisada por álcalis, ela apresenta a vantagem de ser mais indicada para matérias-primas que contenham uma elevada porcentagem de ácidos graxos livres e água (FUKUDA; KONDO; NODA, 2001). Na catálise básica são normalmente utilizados: hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, carbonatos e alcóxidos (CHUNG; KIM; LEE, 2009).

As reações de transesterificação catalisadas por

reagentes álcalis ocorrem a velocidades que chegam a ser quatro mil vezes mais maiores que a catálise ácida e por esse motivo, é o tipo de catálise mais utilizada comercialmente. Outra possibilidade é o uso de enzimas. A enzima utilizada para a produção de biodiesel é a lipase, que são classificadas como (triacilglicerol acilhidrolase, EC 3.1.1.3) (Figura 2) e catalisam a hidrólise de triacilgliceróis para glicerol e ácidos graxos livres (SHARMA et al., 2001, CASTRO et al., 2004).



Figura 2: Modelo da estrutura tridimensional da lipase de *Arabidopsis thaliana*. (MESSAOUDI; BELGUTH; HAMIDA, 2011)

A viabilidade técnica da produção de biodiesel de óleos de frituras usados

Os estudos preliminares para a implementação de qualquer tipo de processo estão relacionados ao ato de verificar se é viável técnica ou tecnologicamente a adoção deste processo. Logo, para verificar a real viabilidade de uso de óleos residuais para a produção de biodiesel, existe a necessidade de estudar vários parâmetros da reação e da qualidade final do combustível obtido. Para a análise de viabilidade da reação de obtenção de biodiesel, são realizados estudos com diferentes tipos de catalisadores, alcoóis, temperaturas, razões molares álcool/óleo e rendimentos da reação de obtenção de ésteres (BHATTI; HANIF; QASIM, 2008; SOUZA; GOMES; BARICCATTI, 2008).

Alguns resultados obtidos por outros autores para os parâmetros mencionados encontram-se ilustrados na Tabela 1, onde é possível obter biodiesel partindo

Tabela 1 - Dados de autores que obtiveram elevados rendimentos de reações de transesterificação com óleos vegetais. Os resultados estão organizados por ordem decrescente em termos de rendimento de produção de biodiesel.

REFERÊNCIA
FELIZARDO et al., 2006
LIU et al., 2008
AWORANTI; AGARRY; AJANI, 2013
(WEN et al., 2010)
DIZGE et al., 2009
FERREIRA; SOUSA; CAETANO, 2008)
SUPARDAN, 2012
(CHRISTOF, 2006)
OMAR, 2009
PACHECO, 2012

de óleos residuais com bons rendimentos de obtenção de ésteres. Além dos parâmetros analisados pelos autores, também é importante citar a importância em se analisar os parâmetros finais de qualidade do biodiesel estabelecidos pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A ANP é o órgão que regula as especificações de combustíveis no Brasil (LÔBO ET AL., 2009).

Conforme apresentado anteriormente os valores maiores de taxas de conversão em ésteres foram obtidos para os catalisadores básicos. Entretanto, existe uma desvantagem no uso destes catalisadores, o fato dos mesmos serem solúveis em meio reacional dificultando muitas vezes a sua remoção ou recuperação. Para contornar esse, estudos vem sendo realizados com a catálise heterogênea (KNOTHE et al., 2006; PREDOJEVI, 2008, ANTCZAK et al., 2009; PACHECO, 2012;).

Motivações para a produção de biodiesel a partir de óleos residuais

Através da pesquisa de artigos publicados desde 2008, nos periódicos disponíveis na coleção eletrônica da ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/>) é possível verificar que dos artigos encontrados para a palavra chave biodiesel, a maioria se refere à produção ou caracterização de biodiesel obtido a partir de óleos vegetais de alta qualidade, como por exemplo, a soja, colza, girassol, palma e mamona.

VIABILIDADE DO USO DE ÓLEOS VEGETAIS USADOS EM FRITURAS

NATUREZA DO ÓLEO	TIPO DE CATALISADOR	RAZÃO MOLAR ÁLCOOL/ ÓLEO	TIPO DE ÁLCOOL	TEMPERATURA (°C)	RENDIMENTO (%)
Óleo residual	KOH	6:1	Metílico	65	98
Óleo de soja	óxido de cálcio	12:1	Metílico	65	95
Óleo residual	CaO	14:1	Metílico	60	94,15
Óleo residual	TiO ₂ -MgO	50:1	Metílico	60	93,8
Óleo residual	lipase	6:1	Metílico	65	90,2
Óleo residual	Lipozyme TL-IM	3:1	Etilico	35-38	90
Óleo residual	KOH	6:1	Metílico	60	89,4
Óleo residual	NaOH	12:1	Etilico	40-55,5	85
Óleo residual	CaO	7:1	Metílico	60	81,3
Óleo residual de vísceras de frango	Novozymes 435	-	Sem co-solvente	30	35,2

A expressão: óleos vegetais de alta qualidade, se refere aos óleos que passaram por tratamentos que fornecem aos mesmos baixas concentrações de ácidos graxos livres, de pigmentos que conferem cor aos óleos e que possuem baixos índices de peróxido. O restante dos artigos são relacionados à produção ou à caracterização de biodiesel de óleos vegetais usados, sebos e outros tipos de resíduos.

A constatação realizada motiva a realização de mais pesquisas sobre produção de biodiesel a partir de materiais residuais. Outra questão que merece reflexão é o aumento significativo que deverá ocorrer na produção de oleaginosas utilizadas na produção de biodiesel, para o cumprimento da Lei 11.097/05. Segundo Barbosa (2007), esse aumento poderá acarretar em mudanças no setor de alimentos. O efeito dessa elevada procura de produtos agrícolas para o setor energético aponta para um aumento nos preços das sementes, nos custos da ração para os animais e, no final da cadeia, no preço da alimentação.

Esse cenário causa preocupação e também traz à tona o debate combustível x alimento. Outro ponto de debate é a ameaça à biodiversidade. Ainda, segundo Barbosa (2007), a produção de óleo de palma já causou o desmatamento de grandes extensões de florestas na Colômbia, Equador e Indonésia.

Na Malásia, maior produtor mundial de óleo de palma, 87% das florestas foram derrubadas em

função das plantações de palma. No Brasil, até 2008, o Governo Federal ofertou incentivos fiscais para impulsionar a produção de biodiesel utilizando o óleo de mamona. O óleo de mamona é utilizado como substrato para a produção de um biodiesel que possui características singulares, que, por sua vez, estão relacionadas à sua composição química. De acordo com o mesmo autor o óleo de soja e o óleo de palma respondem, respectivamente, por 30% e 70% da produção do biodiesel nacional.

As questões levantadas ressaltam a necessidade pela busca por novos substratos para a produção de biodiesel. Para o caso do uso de resíduos, apesar de serem poucas as ações neste sentido, já é possível encontrar casos de empresas que utilizam os óleos residuais para produção de biocombustível para abastecimento da própria frota.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os óleos residuais tratam-se de um grave problema ambiental, sendo que o descarte de um litro de óleo vegetal nos corpos hídricos, contaminam milhares de litros de água. O fato é que não existe uma forma de descarte ideal, mas existem alternativas de reaproveitamento deste óleo e uma das possibilidades é a produção de biodiesel. Dessa forma, o presente artigo ilustra a viabilidade da produção do biodiesel utilizando óleos residuais de frituras.

No contexto escolar normalmente, os projetos

VIABILIDADE DO USO DE ÓLEOS VEGETAIS USADOS EM SALA DE AULA

REFERÊNCIAS

realizados nas escolas se concentram em reutilizar o óleo usado para a produção de sabão. Apesar deste ser um fim bastante interessante, é importante abordar com os alunos que esses resíduos podem ter um fim mais nobre, ou seja, para a produção de biodiesel.

Conforme Oliveira et al. (2008), o biodiesel pode ser abordado de forma associada as questões ambientais, sociais, econômicas. Além disso, pode servir como tema para contextualização e abordagem de saberes da disciplina de Química, tais como: Funções orgânicas, Compostos orgânicos naturais, Termoquímica, Equilíbrio químico e Bioquímica. O texto de Santos e Pinto (2009) também é interessante pois apresenta uma forma simples de realização de experimento em sala de aula para a produção de biodiesel com o uso de materiais caseiros.

O artigo em questão trata da produção de biodiesel com o uso da rota tradicional usando hidróxido de sódio como catalisador. A proposta deste artigo, é que o mesmo ensaio descrito anteriormente seja realizado modificando-se o catalisador químico para o catalisador biológico. Existem várias empresas que vendem enzimas ou mesmo realizam doação de enzimas, porém, a que se destaca no mercado mundial atualmente é a Novozymes - multinacional de origem dinamarquesa.

ANTCZAK, Mirosława Szczęśna et al. Enzymatic biodiesel synthesis - Key factors affecting efficiency of the process. *Renewable Energy*, [s.l.], v. 34, n. 5, p.1185-1194, maio 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2008.11.013>.

AWORANTI, O. A.; AGARRY, S. E.; AJANI, A. O. Statistical Optimization of Process Variables for Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Heterogeneous Base Catalyst. *British Biotechnology Journal*, London, v. 2, n. 3, p.116-132, fev. 2013.

BARBOSA, L. M. Agroenergia, biodiversidade, segurança alimentar e direitos humanos. *British Biotechnology Journal*, Belo Horizonte, p.1-7, set. 2007.

BIODIESELBR (Ed.). História - Brasil. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/oleos-vegetais-biodiesel-brasil>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

BHATTI, H; HANIF, M; QASIM, M. Biodiesel production from waste tallow. *Fuel*, [s.l.], v. 87, n. 13-14, p.2961-2966, out. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2008.04.016>.

CASTRO, H. G. et al. Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. *Química Nova*, São Paulo, v. 27, n. 1, p.146-156, 2004.

CHANG, Chia-chu.; WAN, Shen-wu.. China's Motor Fuels from Tung Oil. *Industrial & Engineering Chemistry*, [s.l.], v. 39, n. 12, p.1543-1548, dez. 1947. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/ie50456a011>.

CHRISTOFF, Paulo. PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA COMERCIAL. ESTUDO DE CASO: GUARATUBA, LITORAL PARANAENSE. 2006. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento de Tecnologias, Instituto de Engenharia do Paraná - lep, Curitiba, 2007. Disponível em: <<http://sistemas.institutoslactec.org.br/mestrado/dissertacoes/arquivos/PauloChristoff.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2019.

DEMIRBAS, Ayhan. Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. *Energy Conversion And Management*, [s.l.], v. 49, n. 8, p.2106-2116, ago. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2008.02.020>.

DIZGE, Nadir et al. Biodiesel production from sunflower, soybean, and waste cooking oils by transesterification using lipase immobilized onto a novel microporous polymer. *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 100, n. 6, p.1983-1991, mar. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.008>.

FELIZARDO, Pedro et al. Production of biodiesel from waste frying oils. *Waste Management*, [s.l.], v. 26, n. 5, p.487-494, jan. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2005.02.025>.

FERREIRA, P. J.; SOUSA, H. S.; CAETANO, N. S. BIODIESEL PRODUCTION FROM VEGETABLE FRYING OIL AND ETHANOL USING ENZYMATIC CATALYSIS. In: BIOENERGY: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON BIOENERGY, 6., 2008, Portugal. *Anais Bioenergy: Challenges and Opportunities*. Portugal: Universidade do Minho, Guimarães, 2008. p. 1 - 7.

FUKUDA, Hideki; KONDO, Akihiko; NODA, Hideo. Biodiesel fuel production by transesterification of oils. *Journal of Bioscience And Bioengineering*, [s.l.], v. 92, n. 5, p.405-416, jan. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1389-1723\(01\)80288-7](http://dx.doi.org/10.1016/s1389-1723(01)80288-7).

FUKUDA, Hideki; KONDO, Akihiko; TAMALAMPUDI, Sriappareddy. Bioenergy: Sustainable fuels from biomass by yeast and fungal whole-cell biocatalysts. *Biochemical Engineering Journal*, [s.l.], v. 44, n. 1, p.2-12, abr. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2008.11.016>.

SOUZA, Samuel Nelson Melegari de; GOMES, Luis Fernando Souza; BARICCATTI, Reinaldo Aparecido. Biodiesel produzido com óleo de frango. *Acta Scientiarum. Technology*, [s.l.], v. 30, n. 1, p.1-6, 8 maio 2008. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v30i1.3203>.

KNOTHE, Gerhard et al. *Manual de Biodiesel*. São Paulo: Blucher, 2006. 352 p.

KRAUSE, L. C. Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal. 2008. 147 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CHUNG, Kyong-hwan; KIM, Jin; LEE, Ki-young. Biodiesel production by transesterification of duck tallow with methanol on alkali catalysts. *Biomass And Bioenergy*, [s.l.], v. 33, n. 1, p.155-158, jan. 2009. Elsevier BV.

LIU, Xuejun et al. Calcium Ethoxide as a Solid Base Catalyst for the Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel. *Energy & Fuels*, [s.l.], v. 22, n. 2, p.1313-1317, mar. 2008. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/ef700518h>.

MARCHETTI, J.m.; MIGUEL, V.u.; ERRAZU, A.f. Possible methods for biodiesel production. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 11, n. 6, p.1300-1311, ago. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2005.08.006>.

MESSAOUDI, Abdelmonaem; BELGUTH, Hatem; HAMIDA, Jeannette Ben. Three-Dimensional Structure of Arabidopsis thaliana Lipase Predicted by Homology Modeling Method. *Evolutionary Bioinformatics*, [s.l.], v. 7, p.99-105, jan. 2011. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.4137/ebo.s7122>.

NEWS, Industry. Vegetable oil as diesel fuel? *Journal of The American Oil Chemist's Society*, [s.l.], v. 57, n. 11, p. 805-819, 1980.

PREDOJEVIĆ, Zlatica J.. The production of biodiesel from waste frying oils: A comparison of different purification steps. *Fuel*, [s.l.], v. 87, n. 17-18, p.3522-3528, dez. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2008.07.003>.

OLIVEIRA, F. C. C.; SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, W. L. P. Biodiesel: Possibilidades e Desafios. *Química e Sociedade. Química Nova na Escola*, [s.l.], v. 31, n. 28, p. 1-6, 2008.

OMAR, N. W.; NORDIN, M.; AMIN, M.; AMIN, N.A.S. A two-step biodiesel production from waste cooking oil: optimization of pre-treatment spet. *Journal of Applied Sciences*, [s.l.], v. 9, n. 17, p. 3098-3103, 2009.

RAMOS, Luiz Pereira et al. Biodiesel: Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. *Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, [s.l.], n. 31, p. 28-37, 2003.

SANTOS, A. P. B.; PINTO, A. C. Biodiesel: Uma Alternativa de Combustível Limpo. *Química Nova na Escola*, [s.l.], v. 31, n. 1, p. 1-5, 2009.

SENADONOTÍCIAS. Comissões discutem uso de óleo vegetal in natura como combustível. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2009/06/16/comissoes-discutem-uso-de-oleo-vegetal-in-natura-como-combustivel>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

SHARMA, R.; CHISTI, Y.; BANERJEE, U. C. Production, purification, characterization and applications of lipases. *Biotechnology Advances*, [s.l.], n. 19, p. 627-662, 2001.

SUAREZ, P. A. S. Energia para o Mercosul: edição 2004 do Prêmio MERCOSUL de Ciência e Tecnologia, UNESCO, REGYT, MCT, 2005.

SUPARDAN, M. D.; Satriana; Mahlinda. BIODIESEL PRODUCTION FROM WASTE COOKING OIL USING HYDRODINAMIC CAVITATION. *Makara Journal of Technology Series*, [s.l.], v. 16, n. 2, p. 157-162, 2012.

WEN, Zhenzhong et al. Biodiesel production from waste cooking oil catalyzed by TiO₂-MgO mixed oxides. *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 101, n. 24, p.9570-9576, dez. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.07.066>.