

CONSUMO DE ÓLEO DE SOJA PRÉ-AQUECIDO POR MOTOR DIESEL

CONSUMPTION OF PRE-HEATED SOYBEAN OIL IN DIESEL ENGINE

Johnny Martini¹, Hevandro Colonhese Delalibera², Pedro Henrique Weirich Neto³

RESUMO

Com vistas à utilização de óleos vegetais diretamente como combustível nos motores ciclo Diesel, avaliou-se a influência da variação da temperatura, e consequente viscosidade, no consumo de óleo soja. Os tratamentos foram alimentação com 100% de óleo de soja degomado nas temperaturas ambiente e pré-aquecido a 80, 100 e 120 °C, em comparação ao petrodiesel. Para este desenvolveu-se um sistema elétrico para o aquecimento do óleo, adaptado a um motor 4 cilindros de ciclo Diesel que foi acoplado a uma bancada dinamométrica. O motor foi submetido à condição de 60% da carga nominal a 1.900 rpm. O consumo total, o consumo na admissão, e o retorno de combustível foram mensurados através de diferença de massa em balança digital. Não houve diferença de consumo total para as quatro temperaturas do óleo de soja, sendo que estes foram em média 17% superiores ao observado para o petrodiesel. Porém, o pré-aquecimento do óleo de soja alterou os fluxos de admissão pela bomba e de retorno de combustível pelo sistema de injeção, onde o tratamento com pré-aquecimento a 120 °C foi o mais semelhante ao petrodiesel.

Palavras-chave: biocombustível, viscosidade, óleo degomado

ABSTRACT

In this study we evaluated the influence of the temperature and the viscosity in the consumption of soybean oil in Diesel engine. The treatments were fueled with 100% crude soybean oil, at room temperature and pre-heated to 80, 100 and 120 °C, compared to the petrodiesel. An electrical system was developed for heating the oil fuel and adapted to a cycle 4-cylinder Diesel engine coupled to a dynamometer. The engine was submitted of 60% of nominal load at 1,900 rpm. Differences in total consumption, admission consumption and fuel return were measured using a precision balance. There was no difference in the total consumption among the four temperatures for the soybean oil, and they were on average 17% higher than that observed for the petrodiesel. However, soybean oil with pre-heating changed the flows of intake and return of fuel, where the treatment with pre-heating close to 120°C was the most similar to the petrodiesel.

Keywords: biofuel, viscosity, degummed oil

INTRODUÇÃO

Desde o início do desenvolvimento da máquina de combustão por compressão por

¹ Acadêmico do Curso de Agronomia, Bolsita BIC/Fundação Araucária, Laboratório de Mecanização Agrícola (Lama,) Universidade Estadual Ponta Grossa (UEPG), johnny_martini@hotmail.com

² Mestre, Lama/UEPG, hcdelalibera@yahoo.com.br

³ Doutor, Lama/UEPG, lama1@uepg.br

Rudolf Diesel junto a companhia de máquinas Otto, o governo Francês, por ser um dos financiadores do projeto, pressionou a realização de estudos com a utilização de óleos vegetais como combustível. Este interesse se deu devido a similaridade dos chamados óleos leves, um dos produtos da destilação do petróleo, com os óleos vegetais, o que facilitaria o processo de industrialização de suas colônias. Com este, no ano de 1900, a companhia Otto apresentou na mostra de tecnologia da França um pequeno motor ciclo Diesel funcionando com óleo de amendoim, material produzido por diversas colônias francesas. Porém, devido mudanças no ministério francês, as pesquisas não evoluíram (KNOTHE, 2006).

A partir desta, as pesquisas visando utilizar óleo vegetal como combustível foram sendo desenvolvidas lentamente e, impulsionadas pontualmente em momentos de crises mundiais. No final da década de 1990 o mundo deparou-se com uma grande crise. Atualmente com previsões de esgotamento ou inviabilidade de extração do petróleo, somados aos problemas ambientais ocasionados pela queima de seus derivados, novamente procura-se um substituto.

Os problemas ambientais gerados pela emissão de gases que favorecem o efeito estufa são reflexos de um longo período de alterações antropogênicas da paisagem. A queima dos combustíveis fósseis entra como agravante importante, pois tem liberado o carbono que foi sequestrado da atmosfera e armazenado nestas reservas. Estima-se que em 1850 (início da Revolução Industrial) a concentração de CO₂ na atmosfera era de 270 ppm e em 2000, essa quantidade era de aproximadamente 360 ppm (RAVEN et al., 2001) e, atualmente, esta concentração está em torno de 390 ppm (PEARSON, 2010).

A produção de biomassa vem sendo focada como uma fonte alternativa e sustentável de energia, uma vez que é um

recurso renovável e fixa CO₂ atmosférico através da fotossíntese (McKENNDRY, 2002). Também a queima destes combustíveis tem menor teor de enxofre do que combustíveis fósseis (CHURIN & DELMON, 1989; PUTUN, 2002).

Embora existam muitos relatos de motores ciclo Diesel operando com combustíveis à base de óleos vegetais, puros, misturados com petrodiesel ou transformados, ainda não estão claras quais as características e definições dos óleos vegetais ou seus derivados são mais adequadas. Muitos estudos não têm incluído correta caracterização físico-química destes, as quais são variáveis dependentes da cultura e de fatores ambientais. Sendo assim, não fica claro como os diferentes óleos, processamentos de purificação ou transformações podem afetar o desempenho dos motores (ENGLER et al., 1983).

Porém, um dos problemas dos óleos vegetais, quando utilizados diretamente como combustível, é a alta viscosidade em relação ao petrodiesel, o que afeta a qualidade da atomização, causando diversos problemas ao motor como, carbonização, desgaste e prendimento de anéis e degradação do lubrificante (RYAN III et al., 1984).

Um dos objetivos de proceder-se os processos de transformação, como a transesterificação e a pirólise, seria reduzir os problemas com a viscosidade dos óleos vegetais. Porém, os processos químicos e físicos de transformação podem aumentar consideravelmente o custo do combustível (JAKUBASZKO, 2006).

Na década de 80, houve no Brasil, diversos estudos relacionados à utilização de óleo vegetal *in natura* como combustível em motores Diesel, onde encontraram problemas como carbonização excessiva, baixo poder calorífico, aumento do consumo e desgaste acentuado do motor (TOLMASQUIM, 2003).

Ensaio de curta duração e de longa duração, com óleo de girassol, demonstraram

desempenho inferior em relação ao petrodiesel (PD). O ensaio de longa duração (idealizado para 200 horas), foi interrompido com 63 horas, pois foram observadas alterações na temperatura do lubrificante (95 a 98 °C com petrodiesel, 120 °C com óleo de girassol), relataram-se ruídos de funcionamento, além da perda continuada de potência (MAZIERO et al., 2007).

A mistura de óleo vegetal e petrodiesel visa aproximar as características do combustível alternativo aos padrões do PD (DRUMMOND et al., 2008). Outra forma é por aquecimento, o qual também pode resultar em redução da viscosidade e da densidade (DELALIBERA et al. 2012). Porém este pode ser minimizado aumentando o débito de combustível ou, melhoria de eficiência térmica (BALAT, 2008; INOUE et al., 2009; BASINGER et al., 2010; HAZAR & AYDIN, 2010).

Outro ensaio utilizando misturas de óleo de soja e petrodiesel (0, 10, 30, 50, 70% e óleo de soja puro) pré-aquecidas (57 e 68°C), com o intuito de reduzir a viscosidade, demonstrou que todos os testes a temperatura de 68°C apresentaram desempenho superior que a de 57°C e, a mistura de 70% de óleo de soja no petrodiesel a 68°C foi o melhor dos tratamentos (SCHLOSSER et al., 2007).

Um ensaio de curta duração (50 horas) utilizando 100% de óleo de girassol bruto,

com e sem pré-aquecimento, observou-se que no ensaio com pré-aquecimento (90°C na entrada da bomba injetora), houve menor carbonização de alguns elementos (pistão, cabeçote, válvulas de admissão e exaustão e bico injetor), quando comparado com o ensaio sem pré-aquecimento, sendo que em alguns pontos houve carbonização 80% menor (DELALIBERA, 2009).

Em um ensaio de 264 h, em motor com injeção eletrônica alimentado com uma mistura pré-aquecida (65°C) de 50% (v v⁻¹) de óleo de soja no petrodiesel, observou-se redução da vida útil dos injetores e aumento da emissão de material particulado (opacidade), o que pode ser atribuído ao sistema de injeção (DELALIBERA et al., 2012).

Sendo assim o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da redução da viscosidade do óleo soja degomado por aquecimento no consumo de combustível de Ciclo Diesel com sistema eletrônico de injeção.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se como unidade experimental um motor ciclo Diesel conforme especificações na Tabela 1. Este foi acoplado a uma bancada dinamométrica (SCHENCK®) de freio e arrefecimento hidráulico, com capacidade máxima de carga de 1.300 N.

Tabela 1 - Especificações da unidade de potência

Fabricante	Perkins	Diâmetro / curso pistão	105 / 127 mm
Modelo	1104A-44	Cilindra unitária	1,100 cm ³
Número de cilindros	4	Cilindra total	4,400 cm ³
Ciclo	Diesel - 4 tempos	Taxa de compressão	19,3:1
Tipo de combustão	Injeção direta	Potência máxima	63,5 kW @ 2.200 rpm 29,3 kgf m @ 1.400 rpm
Sistema de injeção	Mecânica	Torque máximo	rpm
Aspiração	Natural		

Utilizou-se como combustível óleo de soja, com processos de extração física e química mais degomagem. O último processo

consiste na retirada de fosfolipídios ou fosfatídeos hidratáveis (gomas) do óleo vegetal, o que segundo Peterson et al.

(1983), Engler et al. (1983) e Ryan et al. (1984) é um processamento de purificação que apresenta resposta na redução da carbonização e contaminação do lubrificante nos motores.

Confeccionou-se um sistema de aquecimento que consiste basicamente de um reservatório com capacidade de 5 L, uma resistência elétrica de 1.250 W e um termostato de imersão para controle de temperatura, com capacidade de aquecimento (no interior do reservatório) para óleos vegetais de até 300 °C. O consumo de combustível foi estimado por diferença de massa (inicial e final) considerando a massa de retorno, as quais foram mensuradas através de balança digital com acurácia de 5 g, acoplada sob o recipiente do sistema de admissão e o coletor do retorno de combustível do motor. Os sistemas de alimentação e retorno foram dispostos de forma a permitir que o combustível chegue por gravidade até o sistema de alimentação como mostra a Figura 1.

Para a determinação do consumo de combustível, o motor foi submetido a uma carga de 200 N e rotação de 1.900 rpm continuamente, obtendo-se 38 kW ou 60% da potência nominal.

Os tratamentos utilizados foram Petrodiesel + 5% de biodiesel (conforme legislação) denominado neste trabalho de PD, combustível disponível em distribuidor urbano, tendo sido utilizado a temperatura ambiente. Os demais tratamentos foram utilização de óleo de soja degomado a temperatura ambiente (OVTA) e, pré-aquecidos a temperaturas de 80 (OV80), 100 (OV100) e 120°C (OV120).

As viscosidades dos combustíveis foram determinadas utilizando um viscosímetro de Ostwald, com tubo capilar de Cannon-Frenske de 150, para líquidos transparentes, onde a viscosidade é determinada através da comparação do tempo de escoamento do combustível pelo tubo capilar com o tempo da água no mesmo

tubo, sendo a relação feita com base na viscosidade da água, nas mesmas temperaturas, pois a viscosidade da água já é referenciada (HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS, 1989 - 1990).

A temperatura do combustível foi observada no interior do corpo da bomba injetora, próximo ao cabeçote da mesma e, para tal utilizou-se sensor termopar do tipo "K", modelo MTK-02[®] (marca registrada Minipa), com capacidade de leitura de - 40 a 250°C e acurácia de 2,2°C, e multímetro modelo ET-1400[®] (marca registrada Minipa). Para acompanhamento da temperatura realizou-se, durante os ensaios, leitura a cada 20 s.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três (3) repetições de cinco (5) minutos de duração para cada tratamento. Após a mensuração de cada tratamento com óleo vegetal, o motor passou por um período de 10 minutos funcionando com petrodiesel, sobre as mesmas condições de carga e rotação.

O ensaio foi iniciado após período de 30 minutos de funcionamento do motor com petrodiesel como combustível. Este tinha por objetivo alçar as temperaturas e pressões de regime de trabalho do motor. A conversão de combustível é realizada através de uma válvula de 3 vias acoplada antes da entrada da bomba injetora (FIGURA 1).

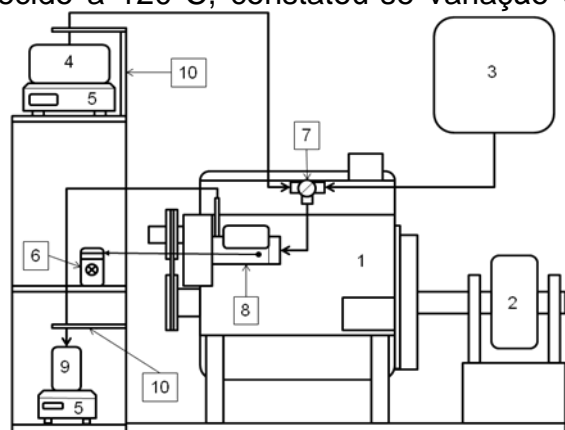
De posse dos dados realizou-se análise de variância e de comparação de médias pelo teste de Tukey com nível de 5% de probabilidade de erro. Para a análise utilizou-se o programa computacional Sisvar, versão 5.3, DEX/Universidade Federal de Lavras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após período inicial de funcionamento com petrodiesel, ocorreu a estabilização da pressão do óleo lubrificante, em 3,5 kg cm⁻² e temperatura do líquido de arrefecimento a 78°C, conforme recomendação do fabricante.

Na realização dos ensaios com petrodiesel e OVTA (temperatura ambiente), o sensor termopar acoplado na bomba injetora indicou variação de temperatura de 51 a 60°C. Para o óleo vegetal pré-aquecido a 80 e a 100°C não houve variação da temperatura e, para o óleo vegetal pré-aquecido a 120°C, constatou-se variação da

temperatura na bomba injetora de 108 a 117°C, sendo a última a máxima temperatura obtida no corpo da bomba injetora, com o sistema de aquecimento sugerido.



- 1 – Motor
- 2 – Dinamômetro
- 3 – Reservatório de petrodiesel
- 4 – Reservatório de óleo vegetal e sistema de aquecimento do óleo
- 5 – Balança digital
- 6 – Multimetro e sensor de temperatura
- 7 – Válvula de 3 vias para conversão de combustível
- 8 – Bomba injetora
- 9 – Reservatório de retorno
- 10 – Suporte da tubulação

Figura 1 - Esquema simplificado da montagem do ensaio

As viscosidades do óleo de soja foram mensuradas nas temperaturas de 27, 40, 60, 80, 90°C, sendo estas (médias) iguais a 44,3; 27,4; 13,5; 7,8 e 6,2 cSt respectivamente. A

análise de variância foi significativa a 5% de probabilidade, sendo assim realizou-se análise de regressão para ajuste de equação ao fenômeno, conforme a Figura 2.

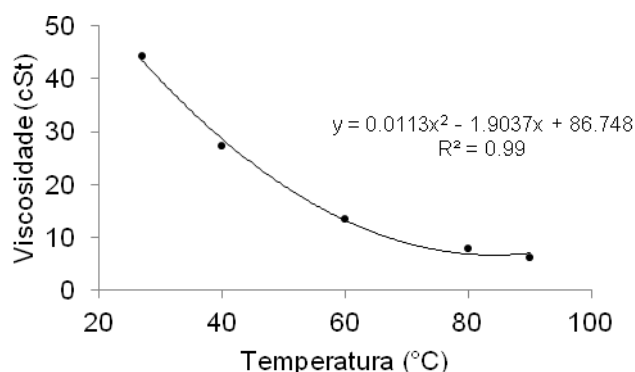


Figura 2 - Viscosidade do óleo de soja degomado em função da temperatura

As viscosidades nas temperaturas de 100 e 120°C não foram realizadas por limitação do equipamento, o qual utiliza água como condutora de calor para o óleo dentro do tubo capilar. A viscosidade do petrodiesel foi mensurada a temperatura de 40°C, obtendo-

se 3,6 cSt. Com esta observa-se que Os resultados e análises obtidas para consumo específico, admissão e retorno de combustível estão descritas na Tabela 2.

De acordo com a Tabela 2, observa-se diferença significativa no consumo de óleo de

soja nas diferentes temperaturas quando comparado com o petrodiesel, não se observando diferença para os tratamentos com variação de temperatura do óleo de soja. Este aumento é esperado, pois de acordo com a literatura, o óleo de soja apresenta poder calorífico de 9.430,0 kcal kg⁻¹ (INOUE et al., 2005) aproximadamente 12% inferior ao do petrodiesel, que seria de 10.824,0 kcal kg⁻¹ (RAMOS, 2004). Neste caso seria

necessário maior entrada de combustível para obter a mesma potência, que no experimento em voga, foi necessário em média 17% a mais de combustível.

Estes resultados corroboram com Delalibera (2009), o qual utilizando óleo de girassol com e sem pré-aquecimento encontrou, consumo 0,7 e 2,3%, respectivamente, superior ao apresentado com petrodiesel.

Tabela 2 - Análise de médias para o consumo específico, admissão de combustível pela bomba injetora e retorno de combustível conforme tratamentos

Tratamentos	Consumo específico (g kW ⁻¹ h ⁻¹)	Admissão (g h ⁻¹)	Retorno (g h ⁻¹)
PD	207,00 a*	17.377,99 d	9.511,99 e
OVTA	247,42 b	12.048,00 a	2.646,00 a
OV80	249,10 b	15.175,99 b	5.710,00 b
OV100	248,11 b	15.876,00 c	6.328,00 c
OV120	254,16 b	17.088,00 d	7.429,99 d
CV (%)	1,68	1,70	3,46

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a nível de 5% de erro.

Em trabalhos realizado por outros autores como Maziero et al. (2003), Pimentel & Belchior (2002), Peterson et al. (1983) e Bettis et al. (1982), encontraram consumo de óleo vegetal combustível superiores quando comparado com o petrodiesel, 9,3, 10 e 5%, respectivamente. Estas variações de aumento de consumo encontrados na literatura em relação a este estudo de caso, podem ser relacionadas as diferenças na composição de ácidos graxos dos óleos vegetais testados, ao poder calorífico e ainda, ao projeto dos motores utilizados em cada estudo específico.

Observou-se também diferença na demanda ou admissão de combustível pelo sistema de injeção que, conforme Tabela 1, para o petrodiesel (PD), e para o OV120, não se encontrou diferença significativa e, para os outros tratamentos, todos foram diferentes do tratamento PD e do OV120 e, diferentes entre si, onde o OVTA foi o menor.

Para o caso do retorno de combustível

o tratamento PD apresentou o maior valor, seguido do OV120, OV100, OV80 e OVTA respectivamente, como mostra a Tabela 1. Estas variáveis de admissão pela bomba injetora e de retorno de combustível podem influenciar no desgaste das partes móveis internas à bomba e bicos injetores, principalmente com relação ao retorno, que é o montante de combustível que lubrifica estas partes. Deste ponto de vista, no caso dos óleos vegetais, o tratamento OV120 pode ser considerado, quantitativamente, o mais adequado, pois é o que mais se assemelha ao tratamento com petrodiesel (PD), para o qual o sistema de injeção foi projetado. Este se deve principalmente à condição de viscosidade do óleo de soja nas temperaturas maiores, pois se aproxima da viscosidade do petrodiesel, oferecendo menor resistência ao escoamento.

Também é interessante ressaltar que segundo Delalibera (2009) e Ryan III et al. (1984), o pré-aquecimento do óleo vegetal

utilizado como combustível melhora o processo de injeção e conseqüentemente a combustão deste, reduzindo a carbonização das partes internas do motor e a contaminação do óleo lubrificante.

CONCLUSÕES

Não se observou diferença estatística entre o consumo médio de óleo de soja degomado, independente da temperatura testada e, estes foram significativamente superiores ao observado para o petrodiesel.

O pré-aquecimento do óleo de soja alterou os fluxos de admissão de combustível pela bomba injetora e de retorno, o que pode influenciar no desgaste do sistema de injeção, sendo que o pré-aquecimento próximo aos 120 °C foi o mais semelhante ao petrodiesel para estas variáveis.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro. A AGCO do Brasil pelo fornecimento da unidade de potência, a Retífica de Máquinas Retimaq (Ponta Grossa – PR), por disponibilizar a infraestrutura para a realização do experimento e a Cargill Agrícola S/A pelo fornecimento do óleo de soja degomado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALAT, M. Modeling Vegetable oil viscosity. **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects**, Philadelphia, v. 30, p.1856-1869. 2008.

BASINGER, M.; REDING, T.; WILLIAMS, C.; LACKNER, K.S.; MODI, V. Compression ignition engine modifications for straight plant oil fueling in remote contexts: Modification design and short-run testing. **Fuel**, Nottingham, v. 89, p. 2925-2938, 2010.

BETTIS, B.L.; PETERSON, C.L.; AULD, D.L. et

al. Fuel characteristics of vegetable oil from oilseed crops in the Pacific Northwest. **Agronomy Journal**, v. 74, n. 2, p. 335-339, 1982.

CHURIN, E., DELMON, B. What can we do with pyrolysis oils? In: FERRER, G.L., MANIATIS, K., BUEKENS, A. BRIDGWATER, A. V. (Eds), **Pyrolysis and Gasification**. Elsevier Applied Science, London, p. 326-333. 1989.

DELALIBERA, H.C. **Utilização de óleo de girassol como combustível em unidade de potência monocilindro ciclo Diesel**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2009.

DELALIBERA, H.C.; CAMPOLINA, N.; WEIRICH NETO, P.H.E RALISCH, R. Performance of a diesel engine fueled with a preheated blend of soybean oil and petrodiesel. **Eng. Agric.**, Jaboticabal, v. 32, n. 6, dez. 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162012000600007&lng=pt&nrm=iso>. acesso em 31 jan. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000600007>.

DRUMMOND, A.R.F.; MELO, G.O.; ALMEIDA, L. M.; MELO, J.A. Análises físico-químicas de óleos vegetais misturados ao diesel estão conforme o regulamento da ANP: Adulteração ou possibilidade de uso como combustível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: ENERGIA E RICINOQUÍMICA, 3., 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008.

ENGLER, C.R.; JOHNSON, L.A.; LEPORI, W.A. et al. Effects of processing and chemical characteristics of plant oils on performance of an indirect-injection Diesel engine. **Journal of the American Oil Chemists' Society (JAOCS)**, v. 60, n. 8, p. 1592-1596, 1983.

HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS. **A ready reference book of chemical and**

physical data. CRC Press, inc, Boca Raton, Florida, 70 ed., 1989 – 1990.

HAZAR, H.; AYDIN, H. Performance and emission evaluation of a CI engine fueled with preheated raw rapeseed oil (RRO) diesel blends. **Applied Energy**, Stockholm, v. 87, p. 786-790, 2011.

INOUE, G.H.; LACERDA FILHO, A.F.; VIEIRA, L.B.; RESENDE, R.C. Variação da viscosidade cinemática de óleos vegetais bruto em função da temperatura. IN: II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, **Anais...** Varginha – MG 2005.

JAKURBASZKO, R. Biodiesel: faça você mesmo, e o uso. **DBO Agrotecnologia**, v. 3, n.8, 2006.

KNOTHE, G. **A História dos combustíveis derivados de óleos vegetais.** In: KNOTHE, G.; GERPEN, J.V.; KRAHL, J.; RAMOS, L.P. (Eds.) Manual de Biodiesel. Tradução de Luiz Pereira Ramos (CEPESQ/UFPR). São Paulo: Edgard Blücher, cap.4, p. 5-18, 2006.

MAZIERO, J.V.G; CORRÊA, IM.; ÚNGARO, M.R.; BERNARD, J.A.; STORINO, M. Desempenho de um motor Diesel com óleo bruto de girassol. **R. Bras. Agrocência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 249-255, 2007.

McKENNDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Bioresources Technology**, v. 83, p. 37-46, 2002.

PEARSON, P.N. Increased atmospheric CO₂ during the middle Eocene. **Science**, Paleoclimate, v. 330, 101126/science.197894, november, 2010.

PETERSON, C.L.; WAGNER, G.L.; AULD, D.L. Vegetable oil substitutes for Diesel fuel. **Transactions of the ASAE**, v. 26, n. 2, p. 322-327, 1983.

PIMENTEL, V.S.B.; BELCHIOR, C.R.P. Análise e Diagnóstico de Diesel Geradores Operando

com Óleo de Dendê in Natura. In: Agrener 2002 Energia no Meio Rural, 2002, Campinas - SP. **Anais...** Agrener 2002, Energia no Meio Rural, 2002.

PUTUN, A.E. Biomass to bio-oil via fast pyrolysis of cotton straw and stalk. **Energy Sources**, v. 24, p. 275-285, 2002.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal.** 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 906, 2001.

RAMOS, L. P. **Degradação térmica de óleos comestíveis; Poder carburante de óleos vegetais; Biodiesel de óleo usado em frituras.** 2004. Disponível em: <http://www.universia.com.br/html/materia/materia_chjj.html>. Acesso em: 12 out. 2006.

RYAN III, T.W.; DODGE, L.G.; CALLAHAN, T.J. The effects of vegetable oil properties on injection and combustion in two different Diesel engines. **Journal of the American Oil Chemists' Society** (JAOCS), v.61, n.10, p.1610-1619, 1984.

SCHLOSSER, J.F.; MACHADO, P.R.M.; CAMARGO, M.N. Desempenho de misturas pré-aquecidas de óleo de soja cru e Diesel como combustível para motores agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, set./out. 2007.

TOLMASQUIM, M.T. **Fontes renováveis de energia no Brasil.** Fontes Renováveis de Energia No Brasil: Interciência, 2003. Centro de Economia Energética e Ambiental do Programa de Planejamento Energético (CENERGIA), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).