

OPACIDADE DA FUMAÇA DE TRATOR AGRÍCOLA FUNCIONANDO COM BIODIESEL DE BABAÇU E DIESEL B S10 EM PERÍODOS DO DIA

THYAGO A. M. LIRA¹ AFONSO LOPES², THAISA C. F. MORETI¹, MELINA C. J. DE OLIVEIRA¹, MURILO C. T. NEVES¹

¹Doutorando em Agronomia, Depto. Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV-UNESP), Jaboticabal-SP, thyagolira@hotmail.com.

²Professor, Doutor, Depto. Engenharia Rural, FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP.

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO: A demanda de recursos energéticos pelos sistemas de produção aliada à escassez dos combustíveis fósseis tem motivado a produção do biodiesel, que é um combustível obtido de fontes renováveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar a opacidade da fumaça em um trator agrícola funcionando com diesel B S10 (B0) e biodiesel de babaçu (B50 e B100) em seis períodos do dia (2 h, 6, 10, 14, 18 e 22h). O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP. Os resultados mostraram que a opacidade da fumaça reduziu nos horários de menor temperatura ambiente e maior umidade relativa do ar; observou-se, também, que, à medida que foram acrescidas maiores proporções de biodiesel de babaçu ao diesel B S10, a opacidade da fumaça reduziu, sendo este procedimento eficiente para diminuir a opacidade da fumaça em motor do trator agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: energia renovável, ensaio com tratores, emissão de poluentes

SMOKE OPACITY OF THE FARM TRACTOR RUN WITH B S10 DIESEL AND BABASSU BIODIESEL IN PERIODS OF THE DAY

ABSTRACT: The demand of energy resources for production systems coupled with the scarcity of fossil fuels has motivated the biodiesel production, which is a fuel obtained from renewable sources. The objective of this study was to evaluate the smoke opacity in farm tractor running on B S10 diesel (B0) and babassu biodiesel (B50 and B100) in six periods of the day (2:00, 6:00, 10:00 am; 2:00, 6:00, 10:00 pm). The work was conducted in the Department of Rural Engineering, Faculty of Agricultural and Veterinary Sciences/UNESP, Jaboticabal City, SP- Brazil. The results showed that the smoke opacity was reduced in times of lower temperature and higher relative humidity; was also observed that when the babassu biodiesel was added in the B S10 diesel, the smoke opacity reduced, presenting a efficient procedure to reduce the smoke opacity of farm tractor engine.

KEYWORDS: renewable energy, test with tractors, pollutant emissions

INTRODUÇÃO: O uso do biodiesel em motores de ignição por compressão tem aumentado substancialmente nas últimas décadas, principalmente devido às características de ser combustível livre de enxofre, em contraste com o diesel fóssil, e trata-se de uma fonte vegetal renovável, podendo contribuir para o ciclo do carbono (SILITONGA et al., 2011; MOFIJUR et al., 2012; ZHOU et al., 2012). No Brasil, os combustíveis fósseis têm sido alvo de discussões governamentais, principalmente relacionadas às questões ambientais geradas pelo aumento da demanda. Para o setor de transporte rodoviário de cargas e pessoas, no País, são disponibilizados três tipos de óleo diesel, que atendem a 46,4% deste setor. O diesel B S500 (500 mg kg⁻¹ de enxofre), o diesel B S50 (50 mg kg⁻¹ de enxofre), lançado pela Petrobrás em 2009, e o diesel B S10 (10 mg kg⁻¹ de enxofre), introduzido e regulamentado no mercado nacional em 2012, motivado pela implementação de limites cada vez mais restritivos para as emissões de poluentes pelos veículos em circulação (ANP, 2013).

O biodiesel é visto como possível solução para as incertezas do futuro energético, principalmente dos países em desenvolvimento. Devido à grande semelhança com o diesel, em termos de estrutura química e conteúdo de energia, o referido biocombustível é compatível com os motores diesel, e por isso não necessita de modificações (LAM et al., 2009). Sendo este biocombustível caracterizado por mistura de ésteres graxos de cadeia longa da mistura de alquilésteres que podem ser derivados a partir de diferentes matérias-primas, incluindo oleaginosas, gorduras animais e lípidos de algas por meio da reação de transesterificação com alcoóis (PEHAN et al., 2009; HOEKMAN et al., 2012).

Dentre as fontes de matéria-prima para a produção do biodiesel, apresenta-se o babaçu (*Orbinya martiana*, Mart.), palmeira oleaginosa nativa que está distribuída em grande parte no Nordeste (maior região produtora), Norte, Central e Oeste do Brasil, mas também cresce no México e na Bolívia (SILVA et al., 2014). Óleo de babaçu tem excelentes características para a produção de biodiesel, uma vez que a sua composição é predominantemente ácido graxo láurico, cerca de aproximadamente 44% (OLIVEIRA et al., 2013).

Estudos têm viabilizado a aplicação de biodiesel em motores de ciclo diesel, como a avaliação da opacidade da fumaça em trator agrícola, utilizando-se de diversas fontes de matéria-prima. Estes apontam diminuição na opacidade da fumaça em comparação ao diesel, à medida que se aumenta a proporção de uso do biocombustível (ZHU et al., 2010). Comparando B0 com B100, Chauhan et al. (2013), ensaiando motor ciclo diesel com biodiesel de karanja, verificaram que a opacidade da fumaça diminuiu à medida que foram acrescidas maiores quantidades de biodiesel no diesel.

Pressupõe-se que a variação da umidade relativa do ar e da temperatura ambiente, bem como as proporções de misturas de biodiesel no diesel, influencia o comportamento da opacidade da fumaça no motor do trator agrícola. Neste contexto o presente trabalho teve por objetivo avaliar a opacidade da fumaça em um trator agrícola, funcionando com diesel B S10 (B0) e biodiesel de babaçu nas proporções 50 e 100% (B50 e B100, respectivamente), em seis horários do dia (2 h; 6; 10; 14; 18 e 22 h).

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi conduzido no Laboratório de Biocombustível e Ensaio de Máquinas – BIOEM, pertencente ao Instituto de Pesquisa em Bioenergia – IPBEN, FCAV/UNESP/Jaboticabal - SP. O referido laboratório está localizado nas seguintes coordenadas geodésicas 21° 14' 26,25" S e 48° 17' 13,22" W, com altitude média de 570 m. A região apresenta temperatura média anual de 22,2° C, umidade relativa média do ar de 71% e pressão atmosférica de 94,3 kPa. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Foi utilizado o óleo diesel B S10 (B0), regulamentado no mercado nacional pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE,

classificado de acordo com a resolução ANP n. 50/2013 (ANP, 2013), tendo quantidade de enxofre total de 10 mg kg⁻¹, adquirido na rede comercial da cidade de Jaboticabal – SP.

Utilizou-se biodiesel tipo babaçu etílico destilado (B100), produzido no Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas, LADETEL – USP de Ribeirão Preto - SP, em sistema de parceria com a FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP. Para obter a proporção de mistura (B50), foi utilizado 50% de diesel B S10 e 50% de biodiesel etílico de babaçu, auxiliado por provetas de 500 ml e 250 ml, funil e recipientes.

O trator utilizado nos testes foi um Valtra, modelo BM 125i, 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA), potência máxima no motor de 91,9 kW (125 cv) a 2300 rpm (ISO1585), equipado com turbo compressor e *intercooler*, massa total de 7.000 kg, distribuídos 40 e 60% nos eixos dianteiro e traseiro, respectivamente, relação massa/potência de 76 kg kW⁻¹ (56 kg cv⁻¹).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 3, tendo 18 tratamentos e três repetições, totalizando 54 resultados. Ressalta-se que, conforme a metodologia do ensaio da opacidade, em cada repetição houve sete replicações tendo como princípio que a diferença entre a maior leitura e a menor leitura em cada replicação não pode ultrapassar 0,25 m⁻¹. Os fatores foram compostos por seis horários de execução do ensaio no dia (2 h, 6, 10, 14, 18 e 22 h) e três tipos de combustível biodiesel/diesel (B0, B50 e B100).

A temperatura e a umidade relativa do ar foram obtidas na estação meteorológica da UNESP – Jaboticabal – SP, localizada próximo ao local do ensaio. Valores encontrados para temperatura ambiente e umidade relativa do ar para os horários de ensaio 2 h, 6, 10, 14, 18, e 22h, estão na Tabela 1.

TABELA 1. Valores encontrados para temperatura ambiente e umidade relativa do ar para os horários de ensaio 2 h, 6, 10, 14, 18 e 22 h.

Horário do ensaio (h)	Temperatura ambiente (°C)	Umidade Relativa do ar (%)
2	14,7	72
10	22,4	60
14	28,4	27
18	25,2	42
22	18,0	63
6	13,9	95

A opacidade da fumaça do motor do trator foi medida por um opacímetro de absorção de luz com fluxo parcial, da marca Tecnomotor, modelo TM 133, que está compatível com as normas NBR 13037, Inmetro e CEE 72/306. Utilizou-se, também, de controlador serial para a comunicação dos equipamentos de inspeção veicular por meio de uma porta serial ao microcomputador, e ‘software’ de inspeção veicular denominado IGOR®.

Os ensaios foram realizados de acordo com o método de aceleração livre, que é o regime de rotação a que o motor é submetido com o acelerador no seu curso máximo de 3 a 5 segundos, sendo a potência desenvolvida, absorvida somente pela inércia dos componentes mecânicos do motor (embreagem, árvore-piloto da caixa de mudanças), uma vez que o trator estava estático, conforme NBR 13037 (ABNT, 2001). As medições de opacidade foram feitas em K, que é o coeficiente de absorção de luz e tem como unidade m⁻¹ (TECNOMOTOR, 2012).

A mistura de biodiesel no diesel foi realizada no momento de cada ensaio e entre os ensaios todo o biodiesel não consumido dos depósitos, filtros e tubulações foram drenados para evitar a contaminação do ensaio seguinte. Para a estabilização do ensaio, após a troca do combustível, o motor permaneceu em funcionamento durante 10 minutos antes do início de cada ensaio.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey, a 5% de probabilidade, conforme recomendação de BANZATTO & KRONKA (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 2, encontra-se a síntese da análise de variância, onde os dados referentes aos fatores tipo de combustível e horário de execução do ensaio representaram médias de 18 e 6 observações, respectivamente.

TABELA 2. Síntese dos valores da análise de variância e do teste de médias para variável opacidade da fumaça.

Fatores	Opacidade m ⁻¹
Tipo de Combustível (TC)	
Diesel B S10 B0	2,12
biodiesel B50	1,62
biodiesel B100	1,11
Horário (H)	
2 h	1,57
6 h	1,47
10 h	1,73
14 h	1,85
18 h	1,59
22 h	1,49
TESTE F	
TC	3964,0309 **
H	162,9397 **
TC x H	31,0043 **
C.V.%	4,18

*; significativo (P<0,05); **, significativo (P<0,01); C.V.; Coeficiente de variação

De acordo com a Tabela 2, observa-se que, para a opacidade da fumaça, a interação entre os fatores tipo de combustível e horário de execução do ensaio foi significativa, por isso a referida variável foi analisada utilizando-se de uma tabela complementar de desdobramento (Tabela 3).

TABELA 3. Síntese do desdobramento da interação tipo de combustível e horário de realização do ensaio para a variável opacidade da fumaça (m⁻¹).

Tipo de Combustível	Horários (h)					
	2h	6h	10h	14h	18h	22h
diesel B S10 B ₀	2,00Aa	1,93Aa	2,23Ac	2,49Ad	2,08Ab	1,99Aa
biodiesel B50	1,54Bb	1,56Bb	1,74Bc	1,91Bd	1,56Bb	1,41Ba
biodiesel B100	1,19Ccd	0,93Ca	1,21Cd	1,14Cbcd	1,13Cbc	1,08Cb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4, analisando-se o fator horário (na coluna), nota-se que, entre o diesel B S10 (B0) versus o biodiesel B50 e B100, a opacidade foi superior em todos os horários conduzidos no estudo, diferindo dentre todos os fatores tipo de combustível. Verifica-se que a opacidade da fumaça reduziu à medida que aumentou a quantidade de biodiesel na mistura,

destacando-se o biodiesel de babaçu (B100) com redução significativa, principalmente nos horários das 6 h e 14 h, de 51,82% e 54,21%, respectivamente, se comparado com diesel B S10.

A queima do biodiesel em motores diesel produz redução significativa das emissões de material particulado, quando comparado ao óleo diesel (JANAUN & ELLIS, 2010; ONG et al., 2011; XUE et al., 2011; BORA; BARUAH, 2012). Os níveis de opacidade (Tabela 4) são comparados à resolução do CONAMA n°. 251 de 1999 (CONAMA, 1999) e verifica-se que, neste caso, estaria dentro do limite de $2,5 \text{ m}^{-1}$. Essa situação pode ser explicada pelo fato de o biodiesel não apresentar enxofre na constituição, com a presença de oxigênio livre na molécula de biodiesel (redução da formação de zonas ricas em combustível na câmara de combustão e maior rendimento durante a combustão por difusão), aumentando a eficiência na combustão e diminuindo, consideravelmente, a produção de material particulado (SAHOO et al., 2009; CHAUHAN et al., 2012).

Buyukkaya (2010), investigando a emissão de combustão de um motor diesel com óleo de colza (B100) e as misturas de B5, B20 e B70, em comparação ao combustível diesel-padrão separadamente, observou que a utilização de biodiesel produz menor opacidade do fumo (até 60%) em comparação com o combustível diesel. Quando o biodiesel é adicionado ao óleo diesel, o teor de oxigênio na mistura do combustível é aumentado e, assim, é necessário menos oxigênio para a combustão. No entanto o oxigênio/combustível é a principal razão para uma combustão mais completa e, por isso, resulta na redução de emissões de poluentes (GHOBADIAN et al., 2009; REIS et al., 2013). As propriedades do biodiesel são influenciadas pelas características individuais dos ésteres graxos que formam esse combustível (LÔBO et al., 2009).

Analisando-se o fator tipo de combustível (na linha – Tabela 4), verifica-se que, para B0 e B50, a opacidade da fumaça aumentou 29,01% e 22,43%, entre o horário que foi observado a menor opacidade (6 h - $13,9^\circ \text{ C}$ - 95%) e o horário que foi registrado a maior opacidade (14 h - $28,4^\circ \text{ C}$ - 27%), tendo diferença significativa os dados apresentados no horário das 14 h ao demais horários. Para B100, a opacidade aumentou 22,58%, em diferente horário (10 h - $22,4^\circ \text{ C}$ - 60%) do registrado por B0 e B50, diferindo dos horários das 6; 18 e 22 h. Observa-se que a opacidade emitida pela combustão do tipo de combustível B0, B50 e B100, no motor do trator, foi menor, à medida que foi registrada menor temperatura e maior umidade relativa do ar. Segundo Lopes et al. (2009), a menor temperatura ambiente e a maior umidade relativa contribuem para melhorar a combustão no motor.

O comportamento registrado pelo biodiesel de babaçu (B100), ao emitir maior opacidade em horário diferente ao registrado para B0 e B50, pode estar relacionado às propriedades físico-químicas deste combustível. As propriedades do biodiesel são influenciadas pelas características individuais dos ésteres graxos que formam esse combustível (LÔBO et al., 2009; DABDOUB et al., 2009).

O comportamento da opacidade em função de execução do ensaio e das condições climáticas pode ser observado na Figura 8.

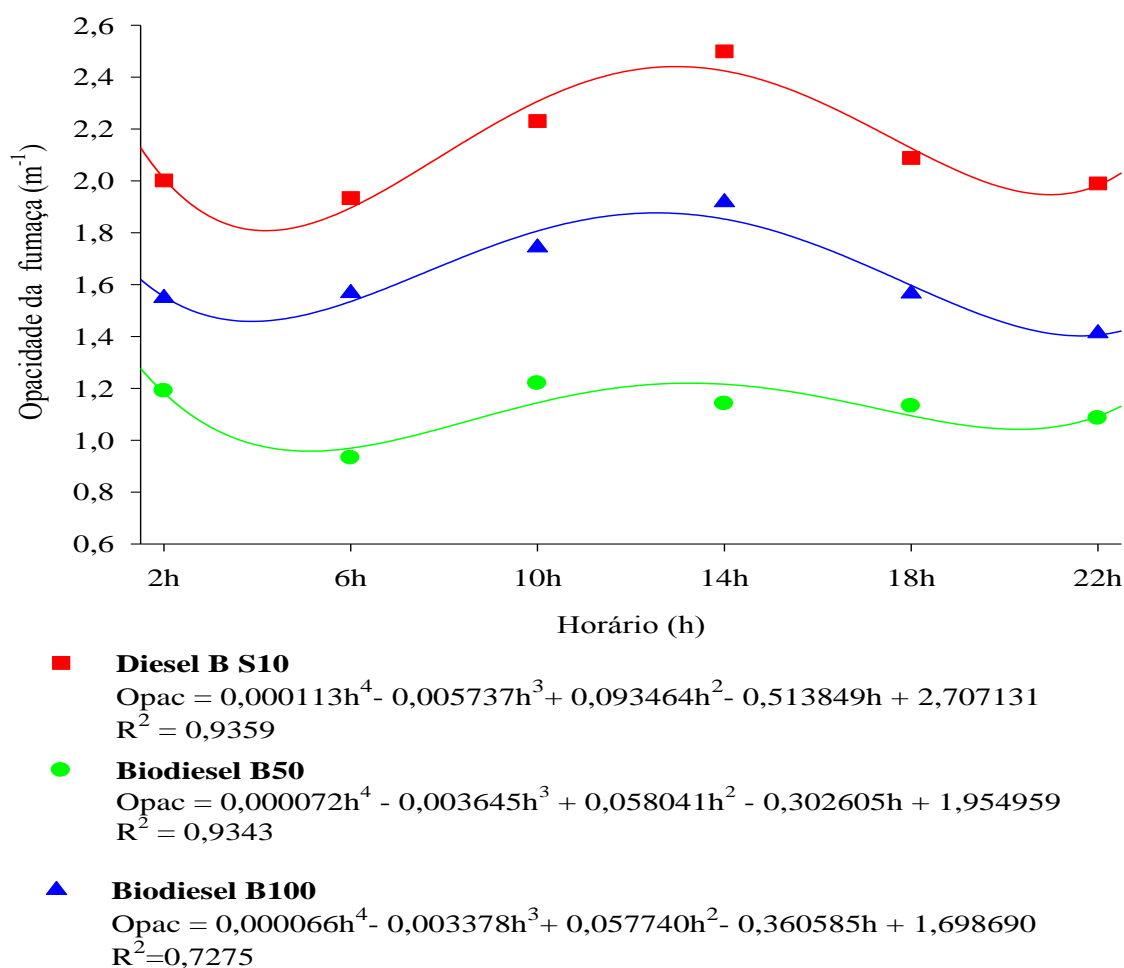


Figura 1. Representação gráfica da opacidade da fumaça em função do horário de execução do ensaio para B0, B50 e B100.

Esses resultados contemplam e equivalem aos encontrados por MELLO JÚNIOR (2006), porém, utilizando-se de proporções de biodiesel de soja (B0, B50 e B100), observaram variação 18,40%, 25,60% e 28,35%, respectivamente, com maior opacidade no horário de maior temperatura e menor umidade relativa do ar (16 h – 29° C – 31,4%). Entretanto, OLIVEIRA (2009), utilizando biodiesel de dendê (B0, B50 e B100), verificou menor variação na opacidade do que no presente estudo 18%, 8,45% e 8,77%, com maior opacidade no horário com maior temperatura e menor umidade relativa do ar (12 h – 22,7° C – 82%). Tal comportamento pode ser explicado em virtude da maior amplitude térmica ocorrida no dia do ensaio, que foi de 5° C, enquanto no presente estudo foi de 14,5° C (a maior 28,4° C e a menor 13,9° C). Ainda que tenha havido pequena variação na temperatura, notou-se redução na opacidade à medida que a temperatura diminuía e a umidade relativa do ar aumentava.

LIOTTI et al., (2010), ao avaliarem a opacidade da fumaça do trator (com diesel e proporções de biodiesel de dendê) em função das condições climáticas (temperatura ambiente de 20 a 25° C e umidade relativa de 91,4 a 69%), na hora do ensaio (3; 6; 9; 12; 15; 18; 21 e 24 h), verificaram que o fator horário foi significativo. Os horários das 12 e 15h apresentaram resultados com maior valor da opacidade. Já, nos horários de 6 h e 24 h, a opacidade foi menor. Bem como GONÇALVES et al. (2013), quando avaliaram a opacidade do trator (com

diesel – B0) em função das condições climáticas (temperatura ambiente de 20,1 a 28° C e umidade relativa de 82,5 a 40,4%) no horário do ensaio (6:30 h, 9:30 h, 10:30 h, 12 h, 13:30 h, 16 h, 18 h), verificaram que o fator horário foi significativo e a opacidade da fumaça foi maior às 13:30 h e 16:00 h, sendo influenciada pelas condições climáticas (maior temperatura ambiente e menor umidade relativa do ar). Evidenciando também que tais fatores naturais prejudicam o processo de combustão no motor. Os autores verificaram amplitude térmica de 9,2° C, enquanto no trabalho de LIOTTI et al. (2010) a amplitude foi de 5° C.

CONCLUSÕES: A opacidade da fumaça do trator agrícola é influenciada pelo biodiesel de babaçu e períodos do dia.

A opacidade da fumaça foi reduzida no horário (6 h) de menor temperatura ambiente (13,92° C) e maior umidade relativa do ar (95%), diminuindo em 51,82% quando comparado B0 com B100, destacando-se o biodiesel de babaçu.

A adição de biodiesel de babaçu no diesel B S10 mostrou-se como procedimento eficiente para reduzir a opacidade da fumaça em motor de trator agrícola.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13037: **Veículos rodoviários automotores – Gás de escapamento emitido por motor em aceleração livre – Determinação da opacidade**. Rio de Janeiro: ABNT/CB-005 Automotivo, 2001.
- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Resolução ANP nº 50/2013**. 2013. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2011/dezembro/ranp%206%20%202011.xml>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.
- BORA, D. K.; BARUAH, D. C. Assessment of tree seed oil biodiesel: A comparative review based on biodiesel of a locally available tree seed. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 16, n. 3, p. 1.616–1.629, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.033>>.
- BUYUKKAYA, E. Effects of biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics. **Fuel**, Oxford, v. 89, n. 10, p. 3.099–3.105, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2010.05.034>>.
- CHAUHAN, B. S.; KUMAR, N.; CHO, H. M. A study on the performance and emission of a diesel engine fueled with Jatropha biodiesel oil and its blends. **Energy**, Rondebosch, v. 37, n. 1, p. 616–622, 2012.
- CHAUHAN, B.S.; KUMAR, N.; CHO, H.M.; LIM, H.C. A study on the performance and emission of a diesel engine fueled with Karanja biodiesel and its blends. **Energy**, Rondebosch, v. 56, n. 1, p. 1-7, 2013.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resoluções que estabelecem o “Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE”. **Coletânea de Legislação Ambiental** (CONAMA nº 251 de 1999 - PROCONVE). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 20 nov. 2013.
- DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L.; RAMPIN, M. A. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 776-792, 2009.

GHOBIADIAN, B.; RAHIMI, H.; NIKBAKHT, A.M; NAJAFI, G.; YUSAF, T. F. Diesel engine performance and exhaust emission analysis using waste cooking biodiesel fuel with an artificial neural network. **Renewable Energy**, New York, v. 34, n. 4, p. 976–982, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2008.08.008>>.

GONÇALVES, S. S.; CORTEZ, J. W.; ARCOVERDE, S. N. S.; MACHADO, N.S.; NAGAHAMAS, H. de J. Ensaio de opacidade e nível de ruído de um trator agrícola. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 244-252, 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufv.br/seer/index.php/reveng/article/view/394/266>>.

HOEKMAN, S. K.; BROCH, A.; ROBBINS, C.; CENICEROS, E.; NATARAJAN, M. Review of biodiesel composition, properties, and specifications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 16, n. 1, p. 143–169, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.143>>.

JANAUN, J.; ELLIS, N. Perspectives on biodiesel as a sustainable fuel. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 14, n. 4, p. 1.312-1.320, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2009.12.011>>.

LAM, M. K.; TAN, K. T.; LEE, K. T.; MOHAMED, A. R. Malaysian palm oil: surviving the food versus fuel dispute for a sustainable future. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 13, n. 6-7, p. 1.456–1.464. 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.009>>.

LIOTTI, C. G.; LOPES, A.; LIMA, L. P.; CAMARA, F. T.; GUIOTTO, F. A.; KOIKE, G. H. A. Opacidade da fumaça de trator agrícola em função do uso de biodiesel de dendê e das condições climáticas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22., 2010, Marília. **Anais...** Marília: UNESP, 2010. p. 1-4.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 1.596-1.608, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000600044>>.

LOPES, A.; CÂMARA, F. T.; OLIVEIRA, M. C. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; MELLO JÚNIOR, J. G. S. Opacidade da fumaça de trator agrícola utilizando biodiesel em função das condições climáticas no horário de execução do ensaio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro/Petrolina. **Anais...** Juazeiro/Petrolina: SBEA, 2009. p. 1-4.

MELLO JÚNIOR, J. G. S. **Opacidade da fumaça de trator agrícola em função da proporção de mistura de biodiesel/diesel e das condições climáticas no horário de execução do ensaio.** 2006, 74 f. Trabalho de graduação (Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

MOFIJUR, M.; MASJUKI, H. H.; KALAM, M. A.; SHAHABUDDIN, M. Experimental study of additive added palm biodiesel in a compression ignition engine. **Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research**, London, v. 30, n. 2, p. 737-748, 2012.

OLIVEIRA, L. E.; GIORDANI, D. S.; PAIVA, E. M.; CASTRO, H. F.; SILVA, M. L. C. P. Kinetic and thermodynamic parameters of volatilization of biodiesel from babassu, palm oil and mineral diesel by thermogravimetric analysis (TG). **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Budapest, v. 111, p. 155-160, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10973-011-2163-8>>.

OLIVEIRA, M. C. J. **Biodiesel de dendê:** opacidade da fumaça de trator agrícola em função das condições climáticas no horário de execução do ensaio. 2009, 73 f. Trabalho de graduação (Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

ONG, H. C.; MAHLIA, T. M. I.; MASJUKI, H. H.; NORHASYIMA, R. S. Comparison of palm oil, *Jatropha curcas* and *Calophyllum inophyllum* for biodiesel: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 15, n. 8, p. 3.501–3.515, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.05.005>>.

PEHAN, S.; JERMAN, M.S.; KEGL, M.; KEGL, B. Biodiesel influence on tribology characteristics of a diesel engine. **Fuel**, Oxford, v. 88, n. 6, p. 976-979, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2008.11.027>>.

REIS, E. F. dos; CUNHA, J. P. B.; MATEUS, D. L. S.; DELMOND, J. G.; COUTO, R. F. Desempenho e emissões de um motor-gerador ciclo diesel sob diferentes concentrações de biodiesel de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 565-571, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000500015>>.

SAHOO, P. K. das, L. M.; BABU, M. K. G.; ARORA, P.; SINGH, V. P.; KUMAR, N. R.; VARYANI, T.S. Comparative evaluation of performance and emission characteristics of *Jatropha*, *Karanja* and *Polanga* based biodiesel as fuel in a tractor engine. **Fuel**, Oxford, v. 88, n. 9, p. 1.698–1.707, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2009.02.015>>.

SILITONGA, A. S.; ATABANI, A. E.; MAHLIA, T. M. I.; MASJUKI, H. H.; BADRUDDIN, I.A.; MEKHILEF, S. A review on prospect of *Jatropha curcas* for biodiesel in Indonesia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 15, n. 8, p. 3.733-3.756, 2011.

SILVA, M. C. D.; DA SILVA, L. M.; BRANDÃO, K. S.; SOUZA, A. G.; CARDOSO, L. P.; SANTOS, A. O. dos. Low temperature properties of winterized methyl babassu biodiesel. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Budapest, v. 115, n. 1, p. 635-640, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10973-013-3263-4>>.

TECNOMOTOR. Tecnomotor Eletrônica do Brasil Ltda., OPACER TM 133 Opacímetro de amostragem. **Manual de Operação**. São Carlos: Ed. 07/01, 2012. 26 p.

XUE, J.; GRIFT, T. E.; HANSEN, A. C. Effect of biodiesel on engine performances and emissions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 15, n. 2, p. 1.098–1.116, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.016>>.

ZHOU, W.; LI, Y.; ZHANG, Y.; ZHAO, Z. Energy efficiency evaluation of lipid production by oleaginous yeast *Rhodospiridium toruloides*. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Budapest, v. 108, n. 1, p. 119-126, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10973-011-1659-6>>.

ZHU, L.; ZHANG, W.; LIU, W.; HUANG, Z. Experimental study on particulate and NOx emission of a diesel engine fueled with ultralow sulfur diesel, RME-diesel blends and PME-diesel blends. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 408, n. 5, p. 1.050-1.058, 2010.