

● AGRONOMIA

OPACIDADE DA FUMAÇA EM FUNÇÃO DO TIPO DE DIESEL E HORÁRIO DE EXECUÇÃO DO ENSAIO EM TRATOR AGRÍCOLA

**Leomar Paulo de Lima¹, Priscila Santos Ferreira²,
João Pedro Moreira Lima³, Carlos Alberto Alves Oliveira⁴*

RESUMO: O petróleo é uma das principais fontes de energia e também de poluição no mundo atual. Novas tecnologias na indústria petroquímica visam diminuir a energia gasta no processamento e a redução dos produtos poluidores. Compostos de enxofre e nitrogênio geram problemas ambientais, sendo o mais relevante a poluição da atmosfera que afeta a saúde da população diretamente. O objetivo do trabalho foi avaliar a opacidade da fumaça em um trator agrícola em função do tipo de combustível diesel e horário de execução do ensaio. O estudo foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 3, tendo 18 tratamentos e três repetições, constituídos por seis horários de execução do ensaio (2 h; 6; 10; 14; 18 e 22 h) e três tipos de diesel (B S500, B S10 e proporções de mistura 50% de B S500 e B S10). Os resultados mostraram que a opacidade da fumaça foi reduzida nos horários (22 h, 2 e 6 h) de menor temperatura ambiente (21, 17 e 15° C) e maior umidade relativa do ar (64, 79 e 95%), destacando-se o diesel B S10. Quando comparado o diesel B S500 com o B S10 a opacidade da fumaça diminuiu 26,6%.

Palavras-chave: Combustíveis. Efeito estufa. Fatores climáticos.

OPACITY OF SMOKING ACCORDING TO DIESEL TYPE AND TEST PERIOD

ABSTRACT: Oil is one of the a-main sources of energy and also pollution in the world today. New technologies in the petrochemical industry aimed at reducing the energy used in processing and the reduction of polluting products. Sulfur and nitrogen compounds generate environmental problems and create the most highlighted effect: the pollution of the atmosphere that affects people's health directly. The aim of this study was to evaluate the opacity of smoke in an agricultural tractor according to the type of diesel and time of execution of the test. The study was conducted in a completely randomized design in a factorial 6 x 3, with 18 treatments and three repetitions, consisting of six test execution schedule in days (2 hr; 6; 10; 14; 18 and 22 hr) and three types of diesel fuel (B S500, B S10 and mixing proportions 50% B S500 and B S10). The results showed that the smoke opacity was reduced in times (22 hr; 2 and 6 hr) of lower temperature (21, 17 and 15 ° C) and higher relative humidity (64, 79 and 95%); standing out the diesel B S10. Compared with diesel B S500 with B S10 opacity of smoke decreased 26.6%.

Keywords: Climatic factors. Greenhouse effect. Fuels.

* Autor correspondente: leomar@iftm.edu.br

1 Doutor em Agronomia (Ciência do Solo - Máquinas e Mecanização Agrícola) pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP, Brasil. leomar@iftm.edu.br

2 Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. priscilaiftm@gmail.com

3 Centro Universitário do Triângulo (UNITRI), Uberlândia, MG, Brasil. joapedromoreiralima818@gmail.com

4 Professor, Doutor em engenharia Agrícola, Instituto Federal do Triângulo Mineiro, (IFTM), Uberlândia, MG, Brasil. carlosoliveira@iftm.edu.br

INTRODUÇÃO

O diesel é o combustível mais utilizado em motores de combustão interna de alta potência (ZHU et al., 2010). Sua importância teve início quando o engenheiro alemão, especialista em ciclos térmicos, Rudolf Christian Karl Diesel, teve a ideia de aperfeiçoar o motor de combustão interna a gasolina e desenvolveu um protótipo no qual a mistura de ar-combustível era comprimida a uma determinada pressão em um motor monocilíndrico alimentado com óleo de amendoim.

Os motores de ciclo diesel são amplamente utilizados na agricultura, transporte e indústria devido à elevada eficiência de combustão, confiabilidade, adaptabilidade e custo-efetividade; porém, o aumento crescente da frota veicular tem resultado em aumento significativo das emissões de dióxido de carbono (CO₂). Com vista a reduzir a emissão deste e atender aos regulamentos para material particulado (MP) e emissões de NO_x dos motores diesel, é contemplado o uso de fonte de combustíveis renováveis por emitirem CO₂ em quantidades menores, em contraste ao petrodiesel (DAWODY; BHATTI, 2014; LABECKAS et al., 2014; RASHEDUL et al., 2014).

Conhecidos pela eficiência, os motores a diesel também são caracterizados pela fumaça tradicional e pelos óxidos nitrosos provenientes de emissões de escape. Vantajosos por serem robustos e dominantes no mercado mundial, têm a contribuição pela poluição ambiental e pelos danos à saúde humana como 12 desvantagens (SQUAIELLA; MARTINS; LACAVA, 2013). Poluentes emitidos de maneira direta via escape de veículos, como óxidos de nitrogênio, óxidos de carbono, enxofre, aldeídos, hidrocarbonetos, ácidos orgânicos e material particulado, são obtidos a partir do processo de combustão incompleta, ou seja, quando o ar presente no cilindro é insuficiente no processo de combustão do combustível (GUARIEIRO; VASCONCELLOS; SOLCI., 2011).

No Brasil, os combustíveis fósseis têm sido alvo de discussões governamentais, principalmente relacionadas às questões ambientais decorrentes do aumento da demanda. Para a indústria de transporte rodoviário de cargas e pessoas, no País, três tipos de diesel estão disponíveis, sendo utilizado por 46,4% do setor. Estes produtos são o B S500 (500 mg kg⁻¹ de enxofre) e o B S50 (50 mg kg⁻¹ de enxofre), que foram lançados pela Petrobrás em 2009. Além destes, o diesel B S10 (10 mg kg⁻¹ de enxofre) foi introduzido e regulado no mercado interno em 2012, motivado pela aplicação de limites cada vez mais restritivos para as emissões de poluentes dos veículos em circulação (AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2013).

Lira et al. (2016), em ensaio com trator agrícola, utilizando o diesel B S1800, o B S10 e o biodiesel etílico de babaçu, verificou que o período do dia influenciou na opacidade da fumaça, os horários de menor temperatura e maior umidade relativa do ar apresentaram melhor resultado, observando-se uma redução de 20,54% na opacidade da fumaça.

Assume-se que a temperatura e a umidade relativa do ar, assim como a mistura de diesel com diferentes teores de enxofre, podem influenciar a resposta da opacidade da fumaça no motor do trator, dado o acima mencionado,

Para verificar a intensidade de material particulado presente na fumaça, utiliza-se a opacidade da fumaça, que indica a impenetrabilidade da luz, sendo que, quanto mais escura for a fumaça, maiores serão a opacidade e a quantidade de material particulado. O opacímetro determina a opacidade da fumaça do gás expelido, e este aparelho coleta somente parte do fluxo de gás, através da sonda e do tubo de captação acoplados no cano de escape do veículo (LIMA et al., 2012).

O objetivo do estudo foi avaliar a opacidade da fumaça em um trator agrícola em função do tipo de combustível diesel e horário de execução do ensaio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Uberlândia, MG, localizado nas coordenadas geográficas de 21° 15' S e 48° 18' W, e em altitude média de 570 m. A região tem uma temperatura média anual é de 22,2 °C, umidade relativa do ar média de 71% e pressão atmosférica de 94,3 kPa. De acordo com a classificação de Köppen, o clima local é classificado como tipo Aw, que representa um clima tropical úmido com verão chuvoso e inverno seco.

Os tipos de diesel utilizados neste experimento foram o B S500 (B0) e o B S10 (B0), sendo este último regulamentado no mercado interno pelo Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONOVE). De acordo com a Resolução ANP nº. 42/2009 (ANP, 2009) e a Resolução ANP nº. 46/2012 (ANP, 2012), esses combustíveis têm quantidades de enxofre totais de 1.800 e 10 mg kg⁻¹, respectivamente. Como taxa de mistura B50, foram usados 50% de diesel B S500 e 50% de diesel B S10, sendo utilizado recipiente como proveta graduada de 1000 ml e funil.

As medições foram realizadas em um trator Valtra, modelo A750, 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA), potência máxima do motor de 57 kW (78 cv) a 2300 rpm, sistema de aspiração com turbo compressor.

Os dados dos ensaios foram analisados considerando-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo os dados analisados em esquema fatorial 6 x 3, com 18 tratamentos e três repetições, totalizando 54 observações. As combinações dos fatores foram seis horários de execução do ensaio (2 h; 6; 10; 14; 18 e 22 h) e três tipos de combustíveis (o diesel B S500 (B0), o diesel B S10 (B0) e 50% de diesel B S500 + 50% de diesel B S10 (B50)). Em conformidade com o teste de opacidade da fumaça, cada repetição era composta de sete repetições, que é baseado em um princípio de que a diferença entre a maior e menor leitura de cada replicação não pode ultrapassar 0,25 m⁻¹ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993).

Neste teste, o número de amostras pode variar entre sete e dez, sendo fixado ao tempo de teste, uma vez que o próprio equipamento gerencia o processo, a fim de

conseguir o resultado homogeneidade. Tal uniformidade pode ser influenciada pelo motor e estado de conservação de combustível, além de condições ambientais (temperatura, pressão e umidade do ar), entre outros.

A temperatura local e umidade relativa do ar (Tabela 1) foram obtidas a partir de um aparelho Termo-Higrômetro da marca INSTRUTHERM, modelo HT-600, calibrado e certificado, instalado próximo ao local do ensaio, o registro destas variáveis para todos os tempos avaliados.

Tabela 1 - Valores observados para temperatura ambiente e umidade relativa do ar, para os horários de ensaio (2 h; 6; 10; 14; 18 e 22 h).

Horários o ensaio (h)	Temperatura ambiente (°C)	Umidade relativa do ar (%)
2	17	79
6	15	95
10	31	24
14	35	20
18	30	33
22	21	64

Para as medições da opacidade da fumaça, foi utilizado um Opacímetro Discovery OPA 495 ALFATEST, equipamento que atende à Norma NBR 12897 (ABNT, 1993) – Emprego do Opacímetro para Medição do Teor de Fuligem de Motor Diesel – Método de Absorção de Luz e certificado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. O opacímetro é um equipamento utilizado para executar a medição da fumaça de gás de escapamento, sendo essa feita através da absorção da luz. A fumaça é captada por uma sonda que é introduzida no escapamento do veículo e levada até a câmara de medição, onde existe um emissor e um receptor de luz. O feixe de luz enviado pelo emissor é interceptado pela fumaça, sendo então medida a opacidade, determinada através da absorção da luz emitida.

As medições de opacidade são dadas em porcentagem (%) ou pelo coeficiente (k) em m^{-1} . Opacidade é a medida de absorção de luz sofrida por um feixe luminoso ao atravessar uma coluna de gás de escapamento, expressa em m^{-1} , entre os fluxos de luz emergente e incidente.

Os ensaios foram realizados conforme o método de aceleração livre, isto é, regime no qual o motor é submetido com o débito máximo de combustível. A norma adotada para a execução do ensaio é a NBR 13037 (ABNT, 2001) - Veículos rodoviários automotores - Gás de escapamento emitido por motor Diesel em aceleração livre – Determinação da opacidade. De acordo com essa norma, o teste de aceleração livre consiste em medir a opacidade acelerando rapidamente até o fim, até que a rotação máxima se estabilize (corte da bomba).

De um ensaio para o outro, todo o combustível não consumido foi removido para fora dos tanques, tubos e filtros, evitando a contaminação. Para haver uma padronização, após o reabastecimento, o motor ficava em operação durante 5 minutos antes do início de cada tratamento.

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

De acordo com a Tabela 2, relativa à opacidade da fumaça, houve uma interação significativa entre o tipo de combustível e o horário do ensaio

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

FATORES	OPACIDADE DA FUMAÇA	
	m^{-1}	
TIPO DE COMBUSTÍVEL (TC)		
Diesel B S500	2,21 a	
Diesel B S10	1,62 b	
Mistura (B50)	2,16 c	
HORÁRIOS (H)		
2	1,91 d	
6	1,87 d	
10	2,12 b	
14	2,24 a	
18	1,95 c	
22	1,88 d	
TESTE F		
TC	1967,304 **	
H	211,035 **	
TC x H	9,470 **	
C.V.%	3,12	

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

Como resultado, estas variáveis foram submetidas a uma análise de interação, que são mostrados na 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 S500 (B0)	2,10Bab	2,04Ba	2,31Bc	2,48Cd	2,17Bb	2,15Cb
Diesel BS10 (B0)	1,54Ab	1,56Ab	1,74Ac	1,91Ad	1,56Ab	1,41Aa
Mistura (B50)	2,09Bab	2,02Ba	2,32Bc	2,33Bc	2,13Bb	2,08Bab

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 3, analisando-se o fator horário (na coluna), nota-se que, entre o diesel B S500 (B0) e a mistura (B50) versus o diesel B S10 (B0), a opacidade foi superior em todos os horários conduzidos no estudo, diferindo dentre todos os fatores tipo de combustível. Comparando-se os combustíveis B S500 (B0) e a mistura (B50), verificam-se diferenças apenas às 14 h e às 22 h, horários que a opacidade da fumaça foi superior quando utilizou-se o diesel B S500 (B0).

Verifica-se que a opacidade da fumaça reduziu-se à medida que diminuiu a quantidade de enxofre no combustível, destacando-se o diesel B S10 (B0) com redução significativa, principalmente nos horários das 22 h e 2 h, de 34,4% e 26,6%, respectivamente, se comparado como o diesel B S500.

Esses resultados reforçam vários outros estudos relatando que enxofre no óleo diesel afeta diretamente a emissão de material particulado nas suas emissões (LIANG et al., 2006; TAN; HU; LOU, 2009). O enxofre no óleo diesel também influencia diretamente a distribuição de tamanho da partícula do material particulado. A concentração de núcleos de precipitação aumenta com o aumento do teor de enxofre. Assim, em óleo diesel contendo maior teor de enxofre, as emissões de material particulado terão uma distribuição de tamanho de partícula também maior (TAN; HU; LOU, 2009).

No fator tipo de combustível (Tabela 3, na linha), verifica-se que o horário de execução do ensaio influenciou nas emissões do motor, a opacidade da fumaça reduziu nos horários das 6 h, 22 h e 6 h, respectivamente para o combustível diesel B S500 (B0), B S10 (B0) e mistura (B50). Observa-se que a opacidade emitida pela combustão do motor do trator agrícola foi menor à medida que foi registrada menor temperatura e maior umidade relativa do ar. Segundo Lira et al. (2016), a menor temperatura ambiente e a maior umidade relativa do ar contribuem para melhorar a combustão no motor diesel.

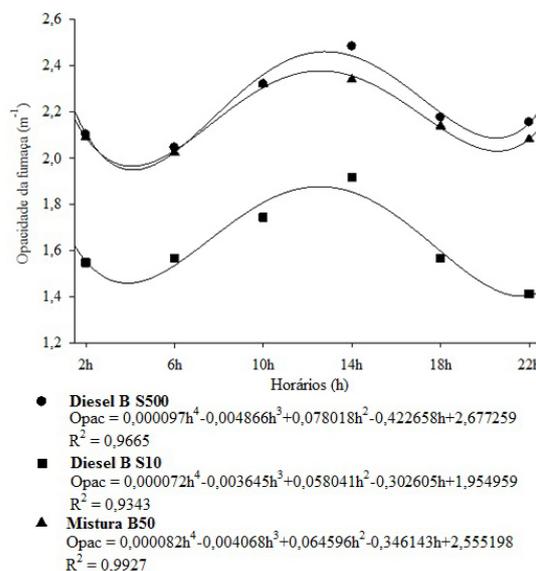
Esses resultados são semelhantes aos relatados por Gonçalves et al. (2013), em que o índice de opacidade foi menor nas primeiras horas do dia (6:30, 9:30 e 10:30 da manhã), em temperatura ambiente máxima de 25,4 °C e umidade relativa do ar superior a 50%. A partir das 12 horas e abaixo, foram encontradas condições opostas (temperatura superior a 25 °C e umidade inferior a 50%) com maiores valores de opacidade.

O comportamento registrado pelo Diesel B S10, ao emitir menor opacidade em horário diferente ao registrado para diesel B S500 e mistura B50, pode estar relacionado às propriedades físico-químicas e características individuais que formam esse combustível. Resultado semelhante foi encontrado por Lira et al., 2016, que avaliou o comportamento do biodiesel etílico destilado de babaçu e diesel B S10 em períodos do dia, utilizando um trator marca Valtra, modelo BM125i. O autor concluiu que a opacidade da fumaça foi reduzida em função da menor temperatura ambiente e maior umidade relativa do ar.

De acordo com a portaria 38 de 01 de abril de 2014 do Denatran Brasil, (2014), para os veículos automotores do ciclo Diesel os limites máximos de opacidade em aceleração livre são os valores certificados e divulgados pelo fabricante, tais limites são de 2,8 m⁻¹ para veículos ano-modelo 1996-1999 e de 2,3 m⁻¹ para veículos ano-modelo 2000 e posteriores, limite ultrapassado nos horários de 10 h e 14 h para o combustível diesel B S500 (B0) e mistura (B50), influenciado pelos fatores climáticos no horário de execução do ensaio.

O comportamento da opacidade em função de execução de ensaio e das condições climáticas pode ser observado na Figura 1.

Figura 1. Representação gráfica da opacidade da fumaça em função do horário de execução do ensaio para diesel B S500 (B0), B S10 (B0) e Mistura (B50).



CONCLUSÕES

- 1 - A opacidade da fumaça do trator agrícola é influenciada pelo tipo de combustível e horário de execução do ensaio;
- 2 - A opacidade da fumaça foi reduzida nos horários de menor temperatura ambiente e maior umidade relativa do ar, destacando-se o diesel B S10 (B0);
- 3 - Quando comparado o diesel B S500 (B0) com o B S10 (B0) a opacidade da fumaça diminuiu 26,6%.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) Campus Uberlândia pela aquisição de equipamentos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 42 de 16 de dezembro de 2009. Estabelece, consoante às disposições contidas no regulamento técnico ANP nº 8/2009, as especificações do óleo diesel de uso rodoviário, para comercialização pelos diversos agentes econômicos em todo território nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 17 dez. 2009. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2009/dezembro&item=ranp-42--2009>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 46 de 20 de dezembro de 2012. Implementar a política nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis, com ênfase na garantia do suprimento de derivados de petróleo, gás natural e seus derivados e de biocombustíveis em todo território nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 249, p.849-850, 21 dez. 2012. Disponível em: http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2011/dezembro/ranp62011.xml. Acesso em: 10 jan. 2014.

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 50 de 24 de dezembro de 2013. Regulamenta as especificações do óleo diesel de uso rodoviário, contidas no regulamento técnico ANP nº 4/2013, e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo território nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 249, 24 dez. 2013. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2011/dezembro/ranp_6_2011.xml>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- 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, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12897**: emprego do opacímetro para medição do teor de fuligem do motor diesel: método de absorção de luz: procedimento. Rio de Janeiro, 1993.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Executiva. Departamento Nacional de Trânsito. Portaria n 38, de 01 de abril de 2014. Divulga os limites de emissões de gases e procedimentos para fiscalização de veículos do ciclo diesel e do ciclo otto, motocicletas e semelhantes do ciclo Otto, conforme a Resolução Contran, n 452, de 26 de setembro de 2013. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 63, p. 67, 2 abr. 2014. Disponível em: <http://infraestrutura.gov.br/images/Portarias-Denatran/2014/Portaria0382014.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2017.
- DAWODY, M. F. A.; BHATTI, S. K. Experimental and computational investigations for combustion, performance and emission parameters of a diesel engine fueled with soybean biodiesel-diesel blends. **Energy Procedia**, Amsterdam, v. 52, p. 421 – 430, 2014. Disponível em: <https://cyberleninka.org/article/n/1146829/viewer>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- GONÇALVES, S. S. et al. Ensaio de opacidade e nível de ruído de um trator agrícola. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 244-252, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/355/0>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- GUARIEIRO, L. L. N.; VASCONCELLOS, P. C.; SOLCI, M. C. Poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis: uma breve revisão. **Revista Virtual Química**, Niterói, v. 3, n. 5, p. 434-445, 2011. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v3n5a08.pdf>. Acesso em 10 jan. 2014.
- LIANG, F. et al. Determination of polycyclic aromatic sulfur heterocycles in diesel particulate matter and diesel fuel by gas chromatography with atomic emission detection. **Journal of Chromatography A**, v. 1114, n. 1, p. 145- 153, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16574137/>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- LIMA, L.P. et al. Comparativo entre biodiesel de dendê e tucumã no desempenho operacional de trator agrícola. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 234-243, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/315>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- LIRA, T. A. M. et al. Smoke opacity of ethyl biodiesel from babassu and two types of diesel at different daytimes. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n. 40, p. 4055-4061, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309341543_Smoke_opacity_of_ethyl_biodiesel_from_babassu_and_two_types_of_diesel_at_different_daytimes. Acesso em: 10 jan. 2017.
- MUZIC, M. et al. Study of diesel fuel desulfurization by adsorption. **Chemical Engineering Research and Design**, London, v. 88, n. 4, p.487-495, 2010. Disponível em: <https://vdocuments.net/study-of-diesel-fuel-desulfurization-by-adsorption.html>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- RASHEDUL, H. K. et al.. The effect of additives on properties, performance and emission of biodiesel fuelled compression ignition engine. **Energy Conversion and Management**, London v. 88, p. 348–364, 2014. Disponível em: <https://eprints.qut.edu.au/112438/>. Acesso em: 10 jan. 2017.
- SQUAIELLA, L. L. F.; MARTINS, C. A. M.; LACAVA, P. T. Strategies for emission control in diesel engine to meet Euro VI. **Fuel**, Houston, v. 104, p. 183-193, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236112005765>. Acesso em: 10 jan. 2017.
- TAN, P.-Q.; HU, Z.-Y.; LOU, D.-M. Regulated and unregulated emissions from a light-duty diesel engine with different sulfur content fuels. **Fuel**, Houston, v. 88, n. 6, p. 1086-1091, 2009. Disponível em: https://www.ufff.br/washington_irrazabal/files/2014/12/SO2_Trucks.pdf. Acesso em: 10 jan. 2014.
- ZHU, L et al. 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. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19913283/>. Acesso em: 10 jan. 2014.