

QUANTIFICAÇÃO DE GASES DE COMBUSTÃO PRODUZIDOS POR MOTOR DIESEL AO UTILIZAR DIFERENTES FONTES DE COMBUSTÍVEL

GILBERTO HIROTSUGU AZEVEDO KOIKE¹, AFONSO LOPES², THYAGO AUGUSTO MEDEIROS LIRA³, LUÍS CARLOS PASSARINI⁴, FELIPE THOMAZ DA CAMARA⁵, LEÔNIDAS HILDEBRAND JÚNIOR⁶

¹Engenheiro Mecânico, Dr. em Engenharia Mecânica, Consultor Autônomo, gkoike@bol.com.br

²Prof. Titular, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, afonso.lopes@unesp.br

³Prof. Dr. em Agronomia, Faculdade Facene, João Pessoa, PB, thyagolira@hotmail.com

⁴Prof. Associado, EESC-USP, São Carlos, SP, luca@sc.usp.br

⁵Prof. Dr. em Agronomia, UFCE, Juazeiro do Norte, CE, felipetdacamara@yahoo.com.br

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: O trabalho teve por objetivo comparar a emissão de gases de combustão em motor de ignição por compressão, sem modificação no sistema de injeção, funcionando com diesel, biodiesel e, posteriormente, com injeção suplementar de etanol hidratado para a recuperação de potência. O ensaio foi realizado no município de Catanduva, SP, nas dependências do concessionário Pedro Monteleone Veículos e Motores Ltda., representante da marca Mercedes-Benz do Brasil. Comparado ao diesel, o motor quando funcionou com biodiesel etílico de soja, observou-se redução na emissão de HC e aumento de Nox. Quando o motor funcionou com biodiesel de soja suplementado com etanol hidratado, verificou-se aumento na emissão de HC e redução de NOx em comparação ao diesel.

PALAVRAS-CHAVE: Efeito estufa, biocombustível, emissão de poluentes.

QUANTIFICATION OF COMBUSTION GASES PRODUCED BY DIESEL ENGINE WHEN USING DIFFERENT FUEL SOURCES

ABSTRACT: The objective of the work was to evaluate the emission in a compression ignition engine, without modifications to the injection system, running on biodiesel and later with supplementary injection of hydrated ethanol to recover power, compared to the original fuel. The test was carried out in the municipality of Catanduva, state of São Paulo, on the premises of the dealership Pedro Monteleone Veículos e Motores Ltda., representative of the Mercedes-Benz do Brazil brand. Emissions tests were carried out using diesel, biodiesel and hydrated ethanol together with biodiesel. Compared to diesel, when the engine ran on soy ethyl biodiesel, there was a reduction in HC emissions and an increase in Nox. When the engine ran on soy biodiesel supplemented with hydrated ethanol, there was an increase in HC emissions and a reduction in NOx compared to diesel.

KEYWORDS: Greenhouse effect, biofuel, emission of polluting substances.

INTRODUÇÃO: A intensificação do efeito estufa é de fato um problema e a principal causa é a queima de combustíveis fósseis. As emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) decorrentes da queima desses combustíveis vêm aumentando a concentração na atmosfera (PEREIRA, 2008). A utilização de combustíveis renováveis, a exemplo de biodiesel e etanol de cana-de-açúcar, constitui fator relevante para reduzir o efeito estufa, uma vez que o CO gerado na combustão tem parte relevante consumida na fotossíntese dos vegetais que deram origem aos respectivos combustíveis. Tomando como base o pressuposto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a emissão de gases em motor de ignição por compressão, sem modificação no sistema de injeção, funcionando com diesel, biodiesel e posteriormente com injeção suplementar de etanol hidratado para a recuperação de potência.

MATERIAL E MÉTODOS: O ensaio foi realizado no município de Catanduva - SP, nas dependências do concessionário Monteleone da Mercedes-Benz. O teste obedeceu à cronologia de levantamento das curvas de torque, de potência à plena carga, utilizando diesel e biodiesel de soja. Depois, injetou-se etanol hidratado em paralelo com biodiesel até o motor atingir a potência quando funcionando com diesel. Em seguida, realizaram-se as medidas de emissões utilizando-se diesel, biodiesel e etanol hidratado suplementando o biodiesel. Nos testes, o motor foi conectado a um aparelho de avaliação denominado “Star Diagnose” para monitorar o comportamento. Foram monitorados pressão atmosférica, pressão do turbo, temperaturas de arrefecimento, temperatura do combustível, temperatura do óleo lubrificante, temperatura do ar, pressão e nível do óleo lubrificante, rotação de trabalho e posição do pedal de aceleração. O equipamento serviu para identificar defeitos e corrigi-los quando necessário ao correto funcionamento do sistema eletrônico de controle do motor. Para o fornecimento do combustível suplementar do motor, quando movido a biodiesel, instalou-se o conjunto para injeção de etanol hidratado. Foi utilizado um conjunto de bomba de combustível marca Delphi, referência 06443402, com pressão de trabalho de até 6 bar; uma válvula reguladora de pressão Bosch, referência 0 280 160 560, que pressuriza a linha de combustível em 3 bar; um filtro de combustível marca Schuck, modelo SK 109; um tubo distribuidor de combustível utilizado no Fiat Palio, referência FIAT 46434655, e válvulas injetoras Magnetti Marelli, referência IWP 058, de quatro orifícios. O ensaio de medições foi realizado de acordo com o ciclo de 13 pontos da NBR-14489, em bancada dinamométrica, que prescreve o método de análise e fixa o procedimento para a determinação de gases de escapamento, como hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NOx) emitidos por motores do ciclo diesel, utilizados em veículo rodoviário. Pela norma, as emissões dos gases são medidas simultaneamente. As medições de emissão do motor foram efetuadas em sequência - diesel, biodiesel de soja e injeção de etanol hidratado em conjunto com biodiesel, até recuperar a potência do motor quando funcionando com diesel. No teste de emissão do motor funcionando com biodiesel de soja, suplementado com injeção de etanol hidratado, manteve-se, em cada ponto medido, a mesma posição do acelerador obtida no teste com biodiesel e a quantidade de etanol foi aumentada até o motor atingir a potência equivalente quando movido a diesel. No motor ensaiado, a rotação de marcha lenta foi de 800 rpm; a intermediária, 1.500 rpm; e a nominal, 2.500 rpm. O escapamento do motor estava voltado para fora da sala do dinamômetro, sendo as medições realizadas na parte externa do prédio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Efetuaram-se as medidas de emissões de gases utilizando-se diesel, biodiesel etílico de soja e etanol hidratado em conjunto com biodiesel etílico de soja. Foram realizadas três medições para cada combustível. Na Tabela 2, apresentam-se os valores médios de emissão obtidos com diesel.

TABELA 2. Medição de emissões de poluentes no motor quando movido a diesel.

Ponto	CO (%)	HC (ppm)	NOx (ppm)
1	0,0	19	2,05
2	0,01	16	5,36
3	0,01	15	10,19
4	0,02	19	14,76
5	0,03	43	9,71
6	0,05	21	7,46
7	0,01	27	2,29
8	0,00	17	7,57
9	0,00	17	6,91
10	0,00	11	6,07
11	0,01	9	4,71
12	0,01	10	4,33
13	0,01	10	2,07
Médio	0,02	20	6,80

Como os valores medidos de CO ficaram próximos da resolução do aparelho (0,01%) em várias medições, descartaram-se as medidas realizadas. Na Tabela 3, apresentam-se os valores médios de emissão obtidos com biodiesel etílico de soja.

Tabela 3. Medição de emissões de poluentes no motor movido a biodiesel etílico de soja.

Ponto	CO (%)	HC (ppm)	NOx (ppm)
1	0,00	1	1,29
2	0,00	0	5,27
3	0,00	4	11,06
4	0,01	6	17,66
5	0,02	1	11,97
6	0,01	1	7,32
7	0,00	5	1,61
8	0,00	1	7,94
9	0,00	4	7,48
10	0,00	7	6,40
11	0,00	3	5,53
12	0,01	7	4,41
13	0,00	2	0,94
Médio	0,003	2	7,10

Como os valores medidos de CO ficaram próximos da resolução do aparelho (0,01%) em várias medições, descartaram-se as medidas realizadas. Os resultados de emissão do motor funcionando com biodiesel etílico de soja e suplementado com injeção de etanol hidratado estão na Tabela 4.

TABELA 4. Medição de emissões de poluentes no motor quando movido a biodiesel de soja, com injeção suplementar de etanol hidratado.

Ponto	CO (%)	HC (ppm)	NOx (ppm)
1	0,00	16	0,88
2	0,05	63	4,49
3	0,03	29	9,78
4	0,03	27	16,10
5	0,03	14	10,24
6	0,03	7	6,97
7	0,01	24	1,43
8	0,05	34	7,18
9	0,06	41	6,24
10	0,06	53	5,31
11	0,00	5	5,64
12	0,01	4	4,66
13	0,00	3	1,28
Médio	0,03	21	6,45

Na Tabela 5, apresenta-se a comparação das emissões de HC e NOx entre diesel e biodiesel. Houve redução de emissão de HC e aumento na emissão de NOx, quando se utilizou o biodiesel etílico de soja como combustível, em comparação com o diesel.

TABELA 5. Comparação de emissões utilizando-se como combustível diesel e depois biodiesel etílico de soja.

Combustível	HC (ppm)	NOx (ppm)
Diesel	20	6,80
Biodiesel	2	7,10
Diferença	90%	-4,41%

Leal (2007), substituindo totalmente diesel por biodiesel de soja, em motor gerenciado eletronicamente, marca Mercedes-Benz, modelo OM-904 LA, ciclo diesel de injeção direta, obteve redução de cerca de 32% nas emissões de CO, 18% nas emissões de HC e aumento de cerca de 23% nas emissões de NOx. Os resultados foram diferentes, pois as condições de medições também foram diferentes, inclusive as normas de medições adotadas. Os combustíveis usados também foram diferentes (biodiesel metílico de soja x biodiesel etílico de soja). Na Tabela 6, apresentam-se as emissões de gases utilizando-se diesel e depois etanol hidratado em suplemento ao biodiesel etílico de soja como combustível.

TABELA 6. Comparação de emissões utilizando-se como combustível diesel e depois biodiesel etílico de soja com injeção de etanol hidratado.

Combustível	HC (ppm)	NOx (ppm)
Diesel	20	6,80
Biodiesel e etanol	21	6,45
Diferença	-5%	5,15%

Observando a Tabela 6, verifica-se que houve aumento na emissão de HC e diminuição na emissão de NOx quando se utilizou o etanol hidratado em conjunto com biodiesel de soja como combustível, em comparação ao diesel. Chen *et al.* (1981), Broukhiyan *et al.* (1981) e Odaka (1992) obtiveram redução na emissão de NOx quando injetaram álcool juntamente com diesel em motor de ignição por compressão. Heisey *et al.* (1981) e Odaka (1992) obtiveram redução na emissão de NOx e aumento na emissão de CO na injeção de etanol em motor do ciclo diesel. Além disso, Odaka (1992) observou aumento na emissão de HC. Os autores, com exceção desse último, que não explicou os motivos, atribuem a diminuição de NOx à temperatura de combustão. Heisey *et al.* (1981) atribuem o aumento na emissão de CO ao alto calor latente de vaporização do álcool e à possível diminuição da temperatura na câmara de combustão.

CONCLUSÕES: Comparado ao diesel, o motor quando funcionou com biodiesel etílico de soja, observou-se redução na emissão de HC e aumento de Nox. Quando o motor funcionou com biodiesel de soja suplementado com etanol hidratado, verificou-se aumento na emissão de HC e redução de NOx em comparação ao diesel.

REFERÊNCIAS:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14489: Motor diesel – análise e determinação dos gases e do material particulado emitidos por motores do ciclo diesel – Ciclo de 13 pontos*. Rio de Janeiro, 2000.
- CHEN, J.; GUSSERT, D.; GAO, X.; GUPTA, C.; FOSTER, D. *Ethanol fumigation of a turbocharged diesel engine*. Paper SAE 810680, Peoria, Illinois, abril 1981. 14 p.
- HEISEY, J. B.; LESTZ, S. S. *Aqueous alcohol fumigation of a single-cylinder di diesel engine*. Paper SAE 811208, Pennsylvania, 1981. 14 p.
- LEAL, G. *Tecnologia de motores Mercedes-Benz para uso de biodiesel*. Disponível em: <http://www.transportes.rj.gov.br/downloads/Biodiesel%20B5_Rio%20de%20Janeiro_Gilberto%20Leal.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2007.
- ODAKA, M.; KOIKE, N.; TSUKAMOTO, Y.; NARUSAWA, K. *Optimizing control of nox and smoke emissions from di engine with egr and methanol fumigation*. Paper
- PEREIRA, A. S. *O Brasil e o Protocolo de Quioto*. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima12.htm>>. Acesso em: 17 fev. 2008.