

DESEMPENHO DE UM MOTOR DIESEL COM ÓLEO BRUTO DE GIRASSOL

DIESEL ENGINE PERFORMANCE WITH RAW SUNFLOWER OIL FUEL

José Valdemar Gonzalez Maziero¹; Ila Maria Corrêa²; Maria Regina Úngaro³; José Augusto Bernardi⁴; Moisés Storino⁵.

RESUMO

O uso de óleos vegetais tem apresentado grande interesse para a substituição dos combustíveis fósseis. Com o objetivo de avaliar o efeito do uso de óleo bruto de girassol (OBG) em um motor diesel, foi utilizado um motor MWM D229.3 de 46 kW na sua configuração original. Após seu amaciamento, o motor foi instalado em um trator Valmet 68 e o desempenho mecânico foi determinado com óleo diesel e com óleo bruto de girassol em bancada dinâmométrica por meio da tomada de potência (TDP). Para conhecer os efeitos de longo prazo do uso do OBG foi utilizado um teste de funcionamento previsto para 200 horas de operação. Amostras de óleo lubrificante foram analisadas para verificação do desgaste e outros problemas no motor. No teste de desempenho mecânico a potência na TDP foi em média de 37,2 kW e de 32,4 kW, enquanto que o consumo de combustível foi em média de 252 g kW h⁻¹ e 291 g kW h⁻¹ respectivamente para o óleo diesel e o OBG. Devido a anomalias no funcionamento como perda acentuada de potência, o teste de longa duração precisou ser interrompido após cerca de 60 horas. O motor foi retirado do trator para inspeção interna onde foi observado acúmulo de carvão nos bicos injetores e na cabeça dos pistões, o entupimento das galerias de lubrificação, a formação de "verniz" nos parafusos da bomba injetora, entre outras alterações. O óleo lubrificante apresentou elevados índices de viscosidade, contaminação pelo combustível, precipitação, redução das reservas alcalinas e o aumento do teor de minerais o que permite concluir que o uso de óleo bruto de girassol provoca a redução do desempenho mecânico e alterações prejudiciais ao motor.

Palavras-chave: combustível alternativo, agroenergia, óleo vegetal.

ABSTRACT:

The use of vegetable oils has presented great attention as an alternative for fossil fuels. To address this question an experiment was conducted with an originally configured 46 kW MWM D229.3 engine and the impact of the raw sunflower oil (RSO) usage on a diesel engine was tested. After 50 hours of initial usage (prior running) the engine was installed in a Valmet 68 tractor model, and the mechanical performance of both diesel oil and raw sunflower oil was analyzed in a dynamometric bench test through the PTO. A 200 hours term of operation was applied in order to study the long-term effect on the engine RSO usage. Motor oil samples were taken to investigate possible problems in the engine. Data from the mechanical performance test averaged a PTO power of 37.2 and 32.4 kW. The averaged specific fuel consumption was 291 and 252 g kW h⁻¹ for diesel oil and RSO, respectively. As the engine showed strong loss of power during the long term test, it was interrupted 60 hours from its beginning. The engine was removed from the tractor afterwards and an internal inspection revealed injectors and piston head coking, clogging of the lubrication galleries, gum formation in the injector pump screws, among other damages. Results from the lubricant oil (RSO) analysis showed a high degree of viscosity, contamination by fuel precipitation, decrease in the alkaline reservoir and increase in the minerals. Results permit to conclude that the use of raw sunflower oil causes reduction of the mechanical performance and negative alterations in the engine.

Key words: alternative fuel, agroenergy, vegetable oil

INTRODUÇÃO

A escassez do petróleo reativou a busca por energias alternativas a partir dos óleos de origem vegetal, com foco no biodiesel. A criação do Programa Nacional de Biocombustíveis em 2002 foi o passo inicial para desencadear uma série de ações nessa área. Paralelamente aos estudos de biodiesel e face o custo do processo de transesterificação, surgiram ações de incentivo ao uso do óleo vegetal não processado (óleo bruto ou in natura). Em 2003 e 2004 eram comuns em feiras agrícolas demonstrações de tratores sendo abastecidos com óleo vegetal bruto. Desde então, muitos produtores, por desinformação (confundem biodiesel com óleo vegetal bruto), ou por uma falsa idéia de economia (custo do litro de diesel X custo do litro de óleo vegetal), passaram a utilizar em suas máquinas agrícolas diferentes tipos de óleos vegetais puros ou misturados ao diesel (SOUZA, 2006; DUARTE & FERREIRA, 2006; GUIDONE, 2006). Tais experiências contrariam a maioria das citações encontradas sobre o uso de óleo vegetal in natura para alimentar motores diesel. De acordo com PETERSON et al. (1983); FULS et al. (1984); PETERSON et al. (2002) e CHIARAMONTI & TONDI (2003), os principais problemas encontrados são carbonização dos bicos injetores, travamento de anéis dos pistões, contaminação do óleo lubrificante, entre outros.

No Brasil, experiências com grupos geradores de energia elétrica, particularmente na região amazônica (GARCIA et al., 1997; SOARES et al., 2000; TORRES, 2001; PIMENTEL e BELCHIOR, 2002), mostram alguma possibilidade de uso do óleo vegetal bruto, apesar dos problemas de operação, que exigiram maior frequência na manutenção, alterações de projeto no motor e controle de alguns parâmetros de qualidade do óleo vegetal. Diante desta polêmica, o objetivo deste trabalho foi avaliar em bancada dinâmométrica os efeitos da substituição do óleo diesel por óleo bruto de girassol como combustível em um motor diesel.

MATERIAL E MÉTODOS

Equipamentos utilizados: Os ensaios foram realizados em um motor MWM D229.3, injeção direta, 46 kW a 2450 rpm utilizando óleo diesel (OD) adquirido em posto de abastecimento automotivo e óleo bruto de girassol (OBG) extraído por prensagem a frio e filtrado em prensa filtro. Ensaios comparativos de desempenho foram realizados no Laboratório de Dinamometria do Centro de Engenharia e Automação do Instituto Agrônomo. Utilizou-se um dinamômetro Schenck W400 e conjunto de sensores

¹ Eng^o Agrônomo, Pesquisador Científico, CEA/IAC

² Eng^a Agrícola, Pesquisadora Científica, CEA/IAC.

³ Eng^a Agrônoma, Pesquisadora Científica, Centro de Grãos e Fibras/IAC

⁴ Eng^o Agrônomo, Pesquisador Científico, CEA/IAC

⁵ Eng^o Agrônomo, Pesquisador Científico, CEA/IAC

eletrônicos com os quais foi monitorada a temperatura de alguns pontos do motor (entrada e saída de água, ar de admissão, óleo lubrificante e tubulação de escape). Nenhuma alteração foi realizada na configuração original do motor. Para determinação do consumo de combustível foi utilizado um sistema constituído de balão volumétrico, fotocélulas, eletroválvulas interligadas, cronômetro e totalizador do número de giros do motor. A determinação da densidade dos combustíveis foi feita por meio de um densímetro JUMO APSA (escala 0,7 a 1,0 kg L⁻¹, leitura de 0,005 kg L⁻¹), submetendo-se amostras dos mesmos ao aquecimento em uma vasilha de alumínio. Amaciamento do motor: Antes dos ensaios foi necessário realizar o amaciamento do motor, que era novo. O amaciamento feito em bancada dinamométrica, durou 50 horas obedecendo a um regime de cargas variáveis utilizando óleo diesel como combustível. Nas 30 primeiras horas do amaciamento o motor operou com cargas de 25, 50 e 75 % do torque de potência máxima e com o acelerador posicionado a fornecer 75 % da rotação máxima livre. As cargas eram trocadas a cada 30 minutos, iniciando-se com 25 %, subindo até 75 % e depois retornando ao valor inicial. Seguiu-se então um ciclo de 20 horas com o motor operando com cargas de 25, 50 e 75 % do torque de potência máxima, porém com o acelerador posicionado no máximo, sendo o tempo de cada carga de 30 minutos. Após o amaciamento o motor foi instalado em um trator Valmet 68 da década de 80 e este foi conectado ao dinamômetro através da tomada de potência (TDP) para os ensaios subseqüentes.

Ensaios realizados: Para avaliação do desempenho do motor (avaliação indireta através da TDP) foram realizados ensaios de curta duração, onde foram levantadas as curvas de potência e de consumo de combustível de acordo com a norma NBR 13400 (ABNT, 1995), com o motor operando à plena carga. Seguindo esse padrão de ensaio foram determinadas as curvas de potência na TDP e de consumo de combustível em função da rotação do motor, para cada tipo de combustível avaliado. Os pares de pontos obtidos (rotação X potência na TDP e rotação X consumo de combustível) foram tratados estatisticamente usando-se o teste t a dados pareados, ao nível de significância de 5 %, para comparar as médias relativas à faixa de operação do motor (rotação de torque máximo e rotação de potência máxima). Também foi realizado ensaio de 2 horas à potência máxima com cada um dos combustíveis, cujas médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Após os ensaios para determinação do desempenho procurou-se levar a efeito testes de maior duração (200 horas) com o uso do óleo bruto de girassol, com o objetivo de verificar possíveis alterações no comportamento do motor. Neste ensaio o motor foi submetido a um regime de cargas variáveis, seguindo adaptação de procedimento da EMA – Engine Manufacture's Association e descrito por PETERSON et al. (1999). Esse padrão foi adotado em virtude do mesmo ser indicado para ensaios de motores alimentados por biocombustível. No padrão EMA os ensaios tem duração de 200 horas constituídas de 4 ciclos de cargas cada um com duração de 3 horas (1 período), sendo realizados 5 períodos consecutivos (15 horas) com 9 horas de parada. Devido à limitação de pessoal para fazer o revezamento no laboratório, o teste foi reduzido para 3 períodos diários, totalizando 9 horas diárias consecutivas de funcionamento do motor. Os quatro ciclos de carga do procedimento EMA são: - potência máxima (60 min): carga correspondente à rotação nominal, com o motor na máxima aceleração; - torque máximo (60 min): carga correspondente à rotação de torque máximo indicada pelo fabricante, com o motor na máxima aceleração; - marcha lenta

alta (30 min): carga equivalente a 25 % do torque máximo com o acelerador posicionado a 90 % da rotação nominal; - marcha lenta baixa (30 min): sem carga, com o acelerador posicionado a obter a rotação de marcha lenta indicada pelo fabricante. Durante o teste de maior duração foram monitorados a potência na TDP e o consumo de combustível. Amostras de óleo lubrificante do motor foram tomadas para análise antes e após o teste. O motor foi, então, retirado do trator e enviado para o fabricante analisar seu interior.

Análise do óleo lubrificante: Com a finalidade de verificar possíveis alterações nas características do óleo lubrificante decorrentes do uso prolongado do óleo bruto de girassol (OBG) foram determinadas as suas características físico-químicas, teor de metais e feito exame morfológico das partículas contaminantes. As análises foram realizadas pela empresa SIL - Serviços Industriais de Lubrificação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio de curta duração: Na figura 1 são apresentadas as curvas de desempenho do motor à plena carga, relativa a toda faixa de rotação do ensaio (1300 a 2600 rpm). Durante o ensaio de curta duração à potência máxima as temperaturas do motor foram: óleo lubrificante, 95 a 98°C; saída de água do motor, 75 a 76 °C; ar de admissão, 27 a 31 °C; gases de escape, 503 a 596 °C; óleo combustível na entrada da bomba injetora, 29 a 34 °C (um sistema de refrigeração instalado na bancada, impedia que a temperatura do combustível ultrapassasse 40 °C). Ao longo da faixa de ensaio as diferenças observadas com o uso de óleo bruto de girassol variaram de -5,3 a -9,0 % para a potência e de + 13,6 a 16,3 % para o consumo específico de combustível, comparado ao desempenho obtido com diesel. Considerando, porém, a faixa de operação normal do motor (1400 a 2450 rpm) verifica-se (Tabela 1) que houve uma redução média de 7,8 % na potência na TDP e um aumento médio de 15,5 % no consumo de combustível.

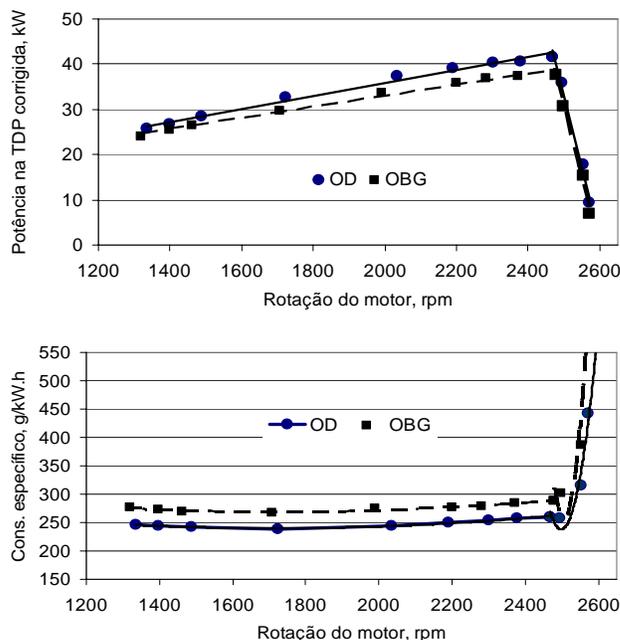


Figura 1 – Desempenho do motor através da tomada de potência do trator, com óleo diesel (OD) e óleo bruto de girassol (OBG).

Considerando-se, ainda, o ensaio de duas horas à potência máxima houve uma redução média de 8,0 % na potência e um aumento de 9,3 % no consumo de combustível. Isso já era esperado, pois de acordo com a literatura o poder calorífico do óleo diesel é maior que o do OBG e a viscosidade deste é aproximadamente 12 vezes maior que a do diesel, afetando diretamente a injeção do combustível na câmara de compressão. Redução de grandeza semelhante foi encontrada por SOARES et al. (2000) no desempenho de um grupo gerador diesel alimentado com óleo vegetal bruto (dendê). Em

testes que duraram 400 horas os autores observaram queda de 10% na potência e aumento de 15% no consumo específico de combustível. Isso foi conseguido com aquecimento do óleo a 55 °C nas primeiras 50 horas. No estudo de TORRES (2000) um motor Agrale M-80 foi utilizado também com óleo de dendê in natura, sendo observadas diferenças de - 5 a - 15% na potência quando comparado ao diesel. GARCIA et al. (1997) utilizando óleo vegetal de mamona aditivado em moto gerador constatou aumento de 10 % no consumo de combustível.

Tabela 1 – Resultados médios do desempenho a plena carga em relação à faixa de rotação operacional (1400 a 2450 rpm) e em relação ao ensaio de duas horas à potência máxima.

Combustível	Ensaio na faixa operacional ¹		Ensaio de 2 horas à potência máxima ²	
	Potência na TDP corrigida	Consumo específico de combustível	Potência na TDP corrigida	Consumo específico de combustível
	kW	G kW h ⁻¹	kW	G kW h ⁻¹
Diesel (OD)	35,17 (a)	252 (b)	40,94 (a)	270 (b)
Óleo bruto de girassol (OBG)	32,44 (b)	291 (a)	37,63 (b)	295 (a)
Diferença porcentual	- 7,76	+ 15,48	- 8,09	+ 9,26

¹ Médias identificadas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste t - pareado, ao nível de 5 % de significância.

² Médias identificadas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5 % de significância.

Particularmente sobre o uso de óleo de girassol in natura não foram encontradas referências recentes e confiáveis, quantificando o desempenho do motor. A maioria dos trabalhos confiáveis é da década de 80, dentre eles o de PETERSON et al. (1983) que estudaram cinco tipos de óleo vegetal em motor diesel, inclusive o óleo bruto de girassol. Em testes de curta duração verificaram desempenho do motor equivalente ao desenvolvido com óleo diesel. Em testes de maior duração, sob carga e baixa rotação do motor houve formação de resina nos anéis dos pistões causando imediata perda de potência. Por outro lado, SCHLICK et al. (1988) ao usar óleo de soja refinado e óleo bruto de girassol com diesel na proporção de 25/75 % dizem que sob o ponto de vista de fornecimento de potência, eficiência térmica e características do óleo lubrificante, as misturas funcionaram satisfatoriamente até 200 horas de testes. Informam, porém, que a formação excessiva de depósitos de carvão, impede o uso dessa mistura de combustível pelo menos com o motor ensaiado e sob as cargas do procedimento EMA.

Na extensa literatura apresentada por JONES & PETERSON (2002) é evidenciado que o uso do óleo vegetal in natura, sozinho ou em misturas com o diesel, é possível por um curto período de tempo, mas, que em longo prazo ocorrem danos no motor. O fato é que por ser mais viscoso o óleo vegetal bruto não consegue ser adequadamente pulverizado pelos bicos injetores e, portanto, não permite a queima adequada do combustível. COSTA NETO et al. (2000) dizem que a qualidade carburante dos óleos vegetais está relacionada ao poder calorífico (inferior ao diesel, influencia na potência máxima a ser atingida pelo motor), índice de cetano (similar ao diesel, define o poder de auto-inflamação e combustão do óleo), viscosidade (superior ao diesel, influi no funcionamento do sistema de injeção e também na combustão), e ponto de névoa (superior ao diesel, e se refere à temperatura inicial de cristalização, influencia negativamente o

sistema de alimentação, principalmente em baixas temperaturas).

Também a densidade do óleo bruto é superior a do diesel, pois contém glicerídeo, que forma a glicerina, subproduto que é extraído com a transesterificação do óleo (transformação em biodiesel). Na Figura 2 pode ser visualizado o comportamento da densidade em função da temperatura para óleo diesel e óleo bruto de girassol utilizados neste trabalho, sendo esta 6,5 %, em média superior a do diesel.

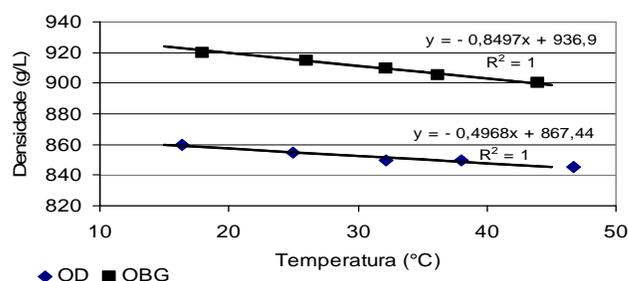


Figura 2 - Densidade dos combustíveis em função da temperatura: óleo diesel (OD) e óleo bruto de girassol (OBG).

Ensaio de longa duração: No ensaio que seria de longa duração (previsão de 200 horas) já após as primeiras nove horas verificou-se a formação de uma substância preta e pegajosa saindo da junta da tubulação de escapamento (Figura 3), sinal de que possivelmente o combustível não estava sendo totalmente queimado. O motor então, foi retirado do trator e enviado ao fabricante para análise de seu interior. Nessa análise foram detectadas as seguintes anomalias:

(ilustradas nas Figuras 5 a 8): obstrução do pescador de óleo do cárter, desgaste do retentor, entupimento das galerias de lubrificação interna do motor e acúmulo de carvão nos bicos injetores e na cabeça do pistão.

A bomba injetora e o conjunto porta-injetores, apesar de estarem mecânica e hidráulica em ordem, apresentaram forte formação de depósitos tipo “verniz”. Notou-se também a formação de muita fumaça branca, principalmente quando o motor saía da condição de marcha lenta para a condição de potência máxima estabelecida no ciclo de ensaio. O ciclo de ensaio foi interrompido com cerca de 60 horas ao se verificar que a temperatura do óleo do motor se elevava acima dos 120 °C e era possível ouvir pequenas batidas vindas de dentro do motor. Além disso, a potência máxima na TDP estava caindo dia a dia, como apresentado na Figura 4. A perda total foi de 10,1 % no último dia de teste, ao se comparar a média da potência máxima obtida em ensaio de duas horas (37,63 kW) com a média da potência máxima obtida no último dia de ensaio (33,84 kW), apenas com óleo de girassol in natura. Se a comparação for feita com a média da potência máxima obtida com óleo diesel no ensaio de duas horas (40,94 kW), a perda total de potência na TDP chega a 17,3%



Figura 3 – Escorrimento de substância pela junta do escapamento..



Figura 4 – Queda de potência ao longo das 63 horas de ensaio com OBG.

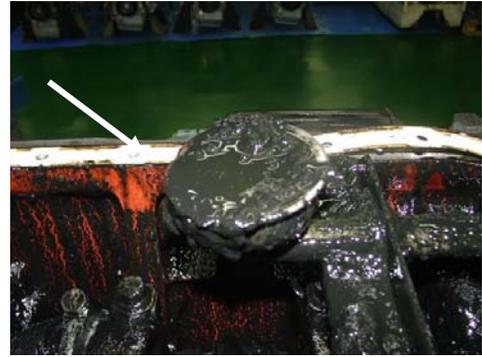


Figura 5 - Obstrução do pescador de óleo do cárter e desgaste do retentor



Figura 6 – Incrustações no virabrequim e bloco do motor com galerias entupidas.

Quanto à análise do óleo lubrificante (Tabela 2) após 63 horas de utilização de OBG, foram observadas alterações importantes: aumento acentuado da viscosidade, elevadíssima presença de produtos da oxidação, queda acentuada das reservas alcalinas do produto, além de elevado teor de cobre, cromo, ferro e chumbo. As bronzinas já começavam a apresentar desgastes em virtude da lubrificação deficiente causada pela contaminação do óleo lubrificante com substâncias do combustível que não sofreram a queima total e

que desceram para o cárter. Esta contaminação é que provavelmente alterou de maneira significativa a viscosidade e as características do óleo lubrificante a ponto de obstruir o "pescador" de óleo do cárter, danificar o retentor e provocar entupimento nas galerias de lubrificação interna do motor conforme visto nas Figuras 5 e 6. A análise do óleo lubrificante realizada por Peterson et al. (1983) também revelou aumento da viscosidade e da presença de minerais ao usar óleo vegetal in natura em motor diesel.

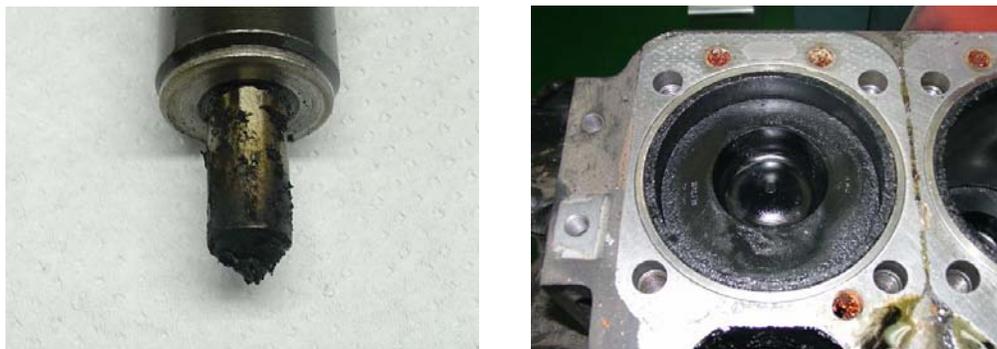


Figura 7 - Acúmulo de carvão no bico injetor e na cabeça do pistão

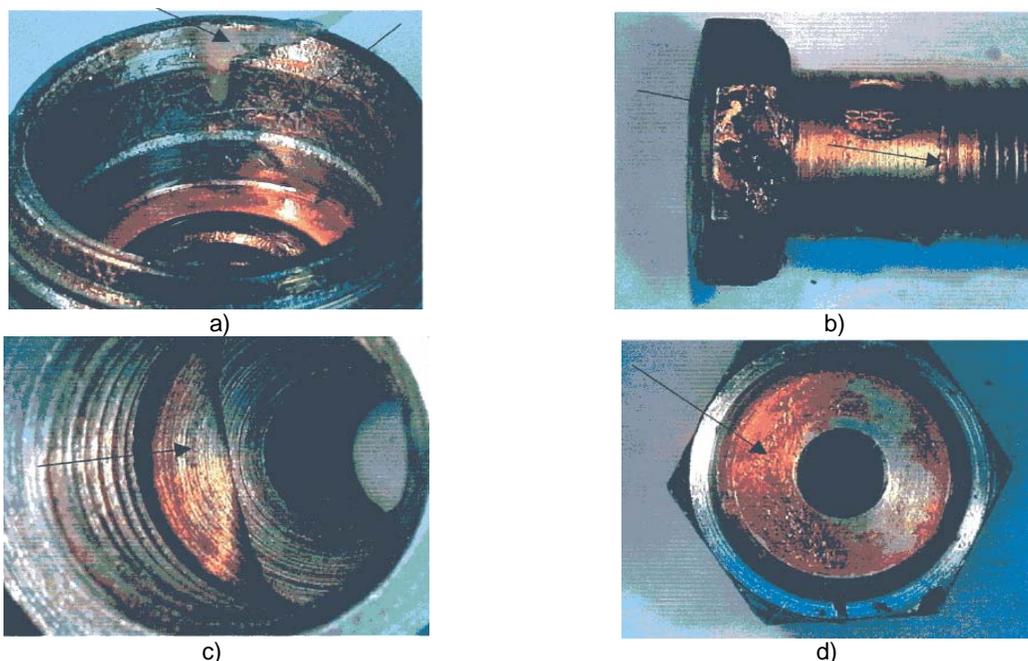


Figura 8 - Elementos com formação de depósitos tipo verniz: a) porta válvulas; b) parafuso da bomba alimentadora; c) parafuso de entrada da bomba injetora; d) parafuso de entrada da bomba injetora – lado oposto.

A título de comparação, são citados alguns dos parâmetros físico-químicos do óleo lubrificante admissíveis para o motor alimentado com óleo diesel: máx. 1,5% para a fuligem (resíduos insolúveis de combustível parcialmente queimado); máx. 3,5% para a diluição (quantidade de combustível presente no óleo lubrificante), máx. 1,0% para o índice de precipitação (presença de componentes insolúveis no óleo) e mín. 2,5 mgKOH g⁻¹ para TBN (número total de basicidade, que indica a reserva alcalina para neutralizar a presença de ácidos fortes).

Os problemas encontrados neste trabalho são semelhantes aos relatados por FULS et al. (1984) e SCHLICK et al. (1988) e GARCIA et al. (1997). Ao testar o óleo de

girassol degomado em vários tratores, FULS et al. (1984) consideraram o desempenho mecânico do motor equivalente ao obtido com óleo diesel. O funcionamento de longa duração, porém, resultou na formação de carvão nos bicos injetores, colagem dos anéis dos pistões e polimerização do óleo lubrificante.

SCHLICK et al. (1988) após 200 horas de teste com mistura de óleo vegetal e diesel (25/75 %) em motor de injeção direta operando com o ciclo de teste EMA, constataram depósitos de carvão nos bicos injetores e em todas as câmaras de combustão, aumento da viscosidade do óleo lubrificante, depósito de carvão duro e brilhante nas paredes dos cilindros e travamento do anel superior em todos

os pistões. GARCIA et al. (1997) constatou, após 400 horas de uso de óleo de mamona aditivado e aquecido, o aparecimento

de um gel de cor escura formado no cárter quando se usava óleo lubrificante semi-sintético.

Tabela 2 – Características do óleo lubrificante antes e após o uso com OBG.

Parâmetros avaliados	Antes dos ensaios	Após 63 h de ensaio
A) Físico-químicos		
Fuligem, %	Não determinado	3,1
Viscosidade, cSt 40°C	85,70	976,8
Diluição, %	-	9,0 %
Índice de precipitação, %	0,05	5,20
T.B.N., %	4,31	2,49
Ponto de fulgor, °C	Não determinado	128
B) Teor de minerais, ppm		
Alumínio	0,2	0,10
Cobre	2,8	4,0
Cromo	0,10	0,3
Ferro	0,10	9,3
Silício	1,9	0,10
Chumbo	0,10	53,6
C) Exame morfológico de partículas		
Liga ferr >5 < 15 u	Traços	Traços
Fibras plásticas	Traços	-
Óxido de silício	Atenção	-
Prod. de oxidação	Não determinado	Crítico

Embora as incrustações nos bicos injetores e na câmara de combustão fossem equivalentes às encontradas em motores operando com óleo diesel, o problema foi resolvido com o uso de óleo lubrificante sintético. Os autores, por outro lado, apontaram a necessidade de maior tempo de funcionamento para melhor avaliação sobre o uso do óleo vegetal puro.

A julgar, entretanto, pelos resultados aqui obtidos, onde, com poucas horas de teste já se observaram alterações prejudiciais ao motor, seja através da contaminação do óleo lubrificante, seja na formação de incrustações no interior do motor, considera-se prejudicial a utilização normal do óleo de girassol in natura, em motores diesel.

CONCLUSÃO

Com o uso de óleo bruto de girassol, em substituição ao óleo diesel, observou-se redução acentuada no desempenho mecânico e alterações prejudiciais no motor, tais como: contaminação do óleo lubrificante (verificado pelo aumento da viscosidade, de produtos da oxidação e do teor de minerais e redução das reservas alcalinas) e formação de incrustações no interior do motor (verificado pelo acúmulo de carvão no bico injetor e na cabeça do pistão, formação de depósitos tipo verniz no porta válvulas; no parafuso da bomba alimentadora e no parafuso de entrada da bomba injetora).

AGRADECIMENTO

À Fundação de Apoio À Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo suporte financeiro ao trabalho (Proc. 02/04492 – 0) e à empresa MWM MOTORES, pela inspeção do motor.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 13400. **Tratores Agrícolas – Determinação do desempenho na tomada de potência – ABNT**. Rio de Janeiro, 1995. 7p.

CHIARAMONTI, D.; TONDI, G. **Stationary applications of liquid biofuels** – Final report. ETA. Firenze, 109 p. Dec., 2003.

COSTA, P. R. da; ROSSI, L.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, Campinas, v.23, n.4, p.531-537, 2000.

DUARTE, L.; FERREIRA, D. Um tiro no pé. **Revista Agrimotor**, São Paulo, Ano 2, n.10, p.16-18, 20, 2006.

FULS, J.; HAWKINS, C. S.; HUGO, F. J. C. Tractor engine performance on sunflower oil fuel. **Journal of Agric. Engineering**, St. Joseph, v.30, p.29-35, 1984.

SCHLICK, M. L.; HANNA, M. A.; SCHINSTOCK, J. L. Soybean and sunflower oil performance in a diesel engine. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.31, n.5, p.1345-1349, 1988.

GARCIA, J. L. A.; GOMES, C. S.; COSTA D. Avaliação de motores utilizando óleo vegetal como combustível para geração de eletricidade e acionamento de sistema de irrigação. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 14., 1997. **Anais...**, Belém, 1997. Acesso em: 19 abr. 2006.

GUIDONE, R. **Combustíveis: nova fraude à vista**. Acesso em: 12 jun. 2006.

JONES, S.; PETERSON, C. L. Using unmodified vegetable oils as a diesel fuel extender – A literature review. In: BIONERGY, 2002. Boise, **Proceedings...** Acesso em 03 mai. 2005.

SOARES, G. F. W.; VIEIRA, L. S. R.; NASCIMENTO, M. V. G. Operação de um grupo gerador diesel utilizando óleo vegetal bruto como combustível. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. **Proceedings...** Acesso em: 22 mar. 2006.

SOUZA, N. Óleo de soja vira combustível. **Jornal O Estado de São Paulo**. Acesso em : 12 jun 2006.

PETERSON, C. L.; WAGNER, G. L.; AULD, D. L. Vegetable oil substitutes for diesel fuel. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.29, n.5, p. 322-327, 332, 1986.

PIMENTEL, V. S. B.; BELCHIOR, C. P. R. Análise e diagnose de diesel geradores operando com óleo de dendê in natura. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 4.; 2002, UNICAMP, Campinas, 2004. **Proceedings...** Acesso em:11 nov. 2005.

TORRES, E. A. Avaliação de um motor do ciclo diesel operando com óleo de dendê para suprimento energético em comunidades rurais. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. **Proceedings...** Acesso em: 22 mar2006