
NOTA TÉCNICA: AVALIAÇÃO DO DESGASTE DE UM MOTOR DE CICLO DIESEL ALIMENTADO COM MISTURAS DE ÓLEO VEGETAL E DIESEL

Gerson Haruo Inoue¹, Luciano Baião Vieira², Guilherme Ladeira Santos³, Ricardo Capúcio Resende⁴, Adílio Flauzino Lacerda Filho⁵

Resumo

A energia poderá ser o grande obstáculo para o desenvolvimento dos países industrializados, por esta razão, foram avaliadas, neste trabalho, misturas de óleo vegetal em um motor diesel de baixa potência, acionando um grupo gerador, para verificar a formação de resíduos na câmara de combustão, o desgaste do motor e avaliar os custos de produção de energia elétrica. O grupo gerador foi composto por um Motor Agrale, modelo M90, e um gerador Bambozzi e a energia elétrica gerada foi consumida por uma bancada de lâmpadas incandescentes. O trabalho permitiu as seguintes conclusões: não ocorreu formação de resíduos na câmara de combustão que necessitasse de descarbonização antes de 300 horas de operação do motor em todos os tratamentos utilizados, até a proporção de 50% de mistura de óleo vegetal; o intervalo de troca dos lubrificantes deve ser reduzido devido à contaminação em todos os tratamentos analisados; não ocorreram desgastes, no período de trabalho, dos componentes do motor; a utilização de óleo vegetal é uma alternativa viável em comunidades com difícil acesso a centros de distribuição de combustíveis.

Palavras chaves: Biocombustíveis, Óleos Vegetais, Motor Diesel, Desgaste.

Abstract

WEARING EVALUATION OF DIESEL CYCLE ENGINE RUNNING ON VEGETAL OIL – DIESEL MIXTURES

The energy availability can be a limiting factor for the development of industrialized countries. This study was done to evaluate the residue formation in the combustion chamber, the fuel consumption and electricity cost, with use of a low power diesel engine fed with vegetal oil-diesel mixtures to move an electric generator. The electricity generating block consisted of the Agrale Engine, model M90, and a Bambozzi generator and consumed by a group of incandescent light bulbs. The data showed that there was no residue formation in the combustion chamber that required decarbonization before 300 operational hours in any of the mixes of vegetable oil-diesel up to the ratio of 50%. However, there was lubricant contamination in all combinations, which suggested that interval between lubricant changes should be reduced. There was no wearing of engine components during the test period. The use of vegetal oil is a viable alternative in isolated communities.

Keywords: Biofuel, Vegetable Oils, Diesel Engine, Wearing.

Recebido para publicação em 25/02/2008. Aprovado em 10/06/2009

1 Doutor Professor do DSI-UFRR, inouegh@yahoo.com.br

2 Doutor, Professor do DEA-UFV, lbaiao@ufv.br

3 Eng. Florestal, santosladeira@hotmail.com

4 Doutor, Professor do DEA-UFV, ricardocapucio@ufv.br

5 Doutor, Professor do DEA-UFV, alacerda@ufv.br

INTRODUÇÃO

A energia poderá ser o grande obstáculo para o desenvolvimento dos países industrializados. No Brasil, segundo o Ministério de Minas e Energia (2006), no ano de 2005, 44,5% da OIE (Oferta Interna de Energia) originou-se de fontes renováveis, enquanto no mundo, essa taxa foi de 13,2%, e nos países membros da OECD foram de apenas 6,1%. Dos 44,5 % da participação da energia renovável, 14,8% corresponderam à geração hidráulica e 29,7% a outras fontes renováveis. Os 55,5% restantes da OIE vieram de fontes fósseis e outras não renováveis.

Portas & Denucci (2003) comentaram que, no Brasil, ocorre falta do diesel nas fronteiras agrícolas, onde muitas máquinas e equipamentos são acionados por motores diesel, desde os motores dos barcos amazônicos às colhedoras no sul, além de ser grande responsável pelo aumento dos insumos agrícolas que aumentam os custos de produção dos produtos agrícolas. Seguindo este pensamento, mesmo com a dificuldade de utilização na forma bruta, devido à grande viscosidade do óleo vegetal, a utilização nesta forma pode ser de grande importância para regiões isoladas ou que encontram dificuldade para a aquisição do óleo diesel. Segundo Moraes (1981), o óleo vegetal misturado ao óleo diesel e na forma “*in natura*” em substituição ao óleo diesel, são alternativas viáveis, considerando-se, especialmente, os aspectos sociais.

A idéia de aproveitar óleos vegetais para alimentar veículos não é nova. Rudolf Diesel, inventor do motor a diesel, propôs, há cerca de cem anos, a utilização de óleo de amendoim como combustível, porém o baixo custo do petróleo inibiu o andamento do projeto. Os motores diesel daquela época utilizavam o sistema de injeção indireta, isto é, além da câmara de combustão, possuíam uma pré-câmara que garantia maior tolerância às características dos combustíveis em relação aos motores modernos. Entretanto, em virtude do baixo rendimento daqueles motores, aliado ao melhoramento gradativo da qualidade dos combustíveis e os prejuízos que proporcionava ao desempenho dos motores diesel, tornou, com o passar

dos anos, a utilização da pré-câmara desnecessária, passando-se a realizar a injeção direta.

Os principais problemas no uso de óleos vegetais nos motores diesel, para Kaltner (2004), são: a dificuldade de partida a frio, em razão da elevada viscosidade dos óleos vegetais; a formação de gomas nos bicos injetores; o desgaste de componentes da bomba injetora devido à acidez do óleo; e a formação de depósitos de carvão na câmara de combustão, nos cilindros e nas válvulas.

Em trabalho realizado por Soares et al. (2000) foram avaliados o desempenho de um motor MWM D229-6, com 90 hp (67 kW), a 1.800 rpm, 6 cilindros e injeção direta, acoplado a um gerador elétrico e alimentado com óleo de dendê. Foram aplicadas cargas de 12,5, 25,0, 37,0 e 48,5 kW, sendo o motor alimentado com óleo de dendê nas temperaturas de 55, 80 e 100° C. Durante 5 a 10 minutos do início e término da operação, o motor era alimentado com óleo diesel. Verificou-se que a viscosidade afetou a qualidade da pulverização do combustível pelos bicos injetores e que, quando alimentado com óleo a 100° C, houve acréscimo de 12% no consumo de combustível e redução da carbonização da câmara de combustão. Contudo, os bicos injetores apresentaram problemas de vedação interna, ocasionados, possivelmente, pela oxidação do óleo e formação de gomas ou pela danificação do filtro de combustível. Por isso, a temperatura de 80° C foi considerada a mais adequada para operação desses motores com óleo de dendê.

Ao avaliarem um motor MWM D229-3, injeção direta, que acionava um trator Valmet modelo 68, alimentado com óleo diesel durante as 50 primeiras horas e depois exclusivamente com óleo bruto de girassol, Mazieiro & Corrêa (2004) verificaram que ocorreu redução de 7,1 a 10,1% na potência da TDP e aumento de 13,9 a 16% no consumo específico. O teste de 200 horas foi interrompido com menos de 60 horas devido à elevação da temperatura do lubrificante, tendo sido detectados, previamente, a ocorrência de alterações do mesmo e acúmulo de carvão no injetor. Os autores ainda relataram que a alta viscosidade do óleo bruto de girassol dificultou a pulverização dos bicos injetores, propiciando queima irregular

do combustível e, conseqüentemente, formação de depósitos nos bicos e cabeçotes que levam à redução no desempenho e na durabilidade do motor.

A produção de energia elétrica em grupo gerador é uma alternativa viável do ponto de vista técnico, segundo Oliveira & Costa (2002), pelo fato de a dinâmica do regime ser mais regular que no setor de transporte, onde ocorrem aceleração e desaceleração contínuas.

Para analisar a utilização de óleo de dendê em motores diesel, Prateepchaikul e Apuchato (2003) estudaram o desempenho e a durabilidade de motores Kubota, monocilíndricos, com injeção indireta, operados com rotação de 2.200 rpm e com 75% da carga nominal, alimentado com óleo diesel e óleo de dendê refinado, por um período de 2.000 horas, em condições idênticas. Durante o experimento, os motores foram desmontados para análise de desgaste logo após 50 horas de operação e, posteriormente, a cada 500 horas, para análise dos componentes. Ocorreu diferença significativa apenas no desgaste dos anéis de segmento, tendo sido o maior desgaste encontrado no motor abastecido pelo óleo de dendê.

Utilizando óleo de dendê, Coelho et al. (2004) trabalharam com um grupo gerador de 115 kW, utilizando a técnica de alternância de combustível e aquecimento do óleo de dendê tendo como fonte de calor a água do sistema de arrefecimento do motor. Após 500 horas de trabalho, ao ser analisado o desgaste dos componentes dos motores, verificaram a presença de obstruções parciais nos bicos injetores, entupimentos nos filtros de combustível e carbonização da câmara de combustão em níveis superiores ao padrão, o que sugere a necessidade de aumento na pressão de injeção, como forma de reduzir os problemas nos bicos injetores e na câmara de combustão, além de adotar um sistema de pré-filtragem do óleo de dendê.

O objetivo com a realização deste trabalho foi avaliar o desgaste e a formação de resíduos nos componentes de um motor diesel quando alimentado com misturas de óleo vegetal, acionando um gerador de eletricidade.

MATERIAL E MÉTODO

O óleo vegetal selecionado para o ensaio foi o Óleo de Soja Degomado (ODS), fornecido pela CARAMURU ALIMENTOS e utilizado na composição do combustível juntamente com o óleo diesel. Os níveis de ODS no combustível variaram de 0 (OV0), 5 (OV05) e 50% (OV50). O óleo diesel utilizado foi adquirido em posto de combustível e continha 2% de biodiesel, denominado assim de B2.

As características dos óleos utilizados no trabalho foram determinadas no Centro de Análises Químicas do CEFET-MG e os resultados apresentados no Quadro 1. Pode-se verificar que as amostras dos tratamentos OV0 e OV05 atenderam a Resolução ANP nº15, de 17/07/2006, da ANP. O tratamento OV50 não atendeu a mesma resolução, em razão dos elevados níveis de massa específica e cinzas presentes no combustível.

Para a realização dos ensaios, a AGRALE SA cedeu um grupo gerador, composto por um Motor Agrale, modelo M90, com potência nominal de 9.6 kW a 2.500 rpm, injeção direta, refrigerado a ar e taxa de compressão de 20:1. O gerador era da fabricante Bambozzi, de 6 KVA, com funcionamento a 1800 rpm. No início deste trabalho, o motor totalizava 100 horas trabalhadas em operações de dinamometria, e o gerador não tinha sido submetido a nenhum trabalho.

O grupo gerador foi programado para operar por um período de 300 horas com as misturas de combustíveis selecionadas. Nas operações diárias, foi adotada a técnica de alternância de combustível, em que no início e término das operações do grupo gerador, o motor era alimentado exclusivamente com óleo diesel. Assim, o motor era iniciado com óleo diesel durante os 15 minutos iniciais, sendo 5 em rotação livre e 10 com carga. Para desligar o motor, durante 15 minutos ele era alimentado com óleo diesel, sendo novamente 10 minutos com carga, para limpeza dos dutos do sistema de alimentação, e 5 minutos sem carga, para seu resfriamento.

Quadro 1. Características das amostras das misturas de combustíveis utilizados nos ensaios de desempenho.

Características	Método	Mín.	Máx.	OV0	OV05	OV50
Massa específica a 20 °C (kg/m ³)	ASTMD 1298	820	880	866,6	868,6	893,1
Destilação 50%, vol. recuperado (°C)	ASTMD 86	245,0	310,0	288,0	293,0	*
Destilação 85%, vol. recuperado (°C)	ASTMD 86	---	370,0	355,6	368,7	
Ensaio de corrosão 3h, 50°C	ASTMD130	---	1	1 a	1 a	1 a
Cinzas, máx. (% massa)	ASTMD 482	---	0,010	0,005	0,008	0,0131
Índice de cetano calculado	ASTMD 4737	42,0	---	45,7	45,5	*
Ponto de fulgor, mín (°C)	ASTMD 56	38,0	---	40,3	62,0	82,5
Atendimento às normas ANP	---	---	---	Sim	Sim	Não

Foi previsto inicialmente, para os tratamentos OV0, OV05 e OV50, a utilização da tubulação original do motor, ou seja, sem o sistema de aquecimento do combustível, recebendo denominações OV0/Tamb, OV05/Tamb e OV50/Tamb, respectivamente. No decorrer da coleta de dados, ocorreram problemas no motor, necessitando que fosse feito o cancelamento do tratamento OV05/Tamb, que teve a mistura repetida, porém, com a utilização do sistema de aquecimento para elevar a temperatura até 90°C, sendo então denominado OV50/T90.

Para consumir a energia produzida pelo grupo gerador, foi montada uma estrutura no Laboratório de Mecanização Agrícola (LMA) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, constituída por lâmpadas incandescentes. Para o grupo gerador, foi construída uma estrutura para protegê-lo dos fatores ambientais, evitarem acidentes e isolar acusticamente.

Para determinar o desgaste dos componentes, o motor foi enviado para a oficina para desmontagem, fotografando as principais peças e ocorrências e emitindo um laudo técnico, tendo realizado todas as manutenções necessárias. A oficina contratada para realizar os serviços foi a Retífica Rio Branco, situada na cidade de Visconde de Rio Branco-MG. A manutenção preventiva do grupo gerador foi realizada de acordo com o manual do fabricante pela equipe do LMA.

Para verificação de desgastes nas peças, foram realizadas medições no cilindro, pistão, eixo virabrequim, biela, bucha da biela, válvula, virabrequim e pressão do bico injetor. A análise visual foi realizada para verificar alguma anormalidade nas peças e formação de resíduos causados pela combustão do motor. Em função dos resultados das análises do lubrificante do motor, alguns dos metais encontrados tiveram sua origem identificada, conforme informações do Ministério da Defesa (2003), apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2. Exemplos de origens de desgastes metálicos.

Metais	Origem do desgaste
Ferro	Cilindros, engrenagens, anéis, eixo, virabrequim, rolamentos, bomba de óleo, compressor de ar, eixo de comando de válvulas, guias e sedes.
Cromo	Anéis, rolamentos, cubos de freio, cilindros e partes de sistemas hidráulicos
Cobre	Buchas, rolamentos, discos de transmissão, aditivos, arruelas de encosto, mancais, casquilhos.
Chumbo	Buchas em bronze (quando encontrado juntamente com cobre).
Alumínio	Pistões, rolamentos, bombas, rotores, tuchos de bombas injetoras.

A substituição dos lubrificantes do motor foram realizadas de acordo com o indicado no manual do fabricante, que sugere a troca a cada 150 horas de operação do motor. As amostras dos óleos lubrificantes substituídos durante as avaliações foram enviadas para análise no Laboratório

de Ensaios em Óleos Lubrificantes (LEOL) do SENAI-MG, onde foram realizadas análises físicas e químicas e de Desgaste Metálico e de Aditivção. Para a situação do óleo novo, foi enviada uma amostra e nas condições de óleos usados foram enviadas duas amostras.

6 OBS. * O ensaio teve que ser interrompido no ponto de 50% do volume recuperado, pois, a temperatura já estava em 342°C. Deve se proceder ao ensaio de destilação utilizando o equipamento para destilação à pressão reduzida (ASTM 1160)



RESULTADO E DISCUSSÃO

No primeiro combustível avaliado, não foram verificadas ocorrências anormais no funcionamento do motor, embora tenha sido observada a deposição de resíduos na válvula de admissão do motor (Figura 1). A mesma deposição de resíduos foi verificada no cabeçote do motor, conforme apresentado na Figura 2. A deposição de resíduos foi verificada em todos os tratamentos, inclusive no tratamento que utilizou apenas o óleo diesel, tratamento OV0/Tamb, levando assim, ao entendimento que a causa da deposição foi o projeto do motor.

No bico injetor (Figura 3), na bomba injetora e na cabeça do pistão, não foram encontradas anomalias, apenas carbonização, considerada normal para a carga horária do motor.



Figura 1. Deposição de resíduos na válvula de admissão no tratamento OV5/Tamb.

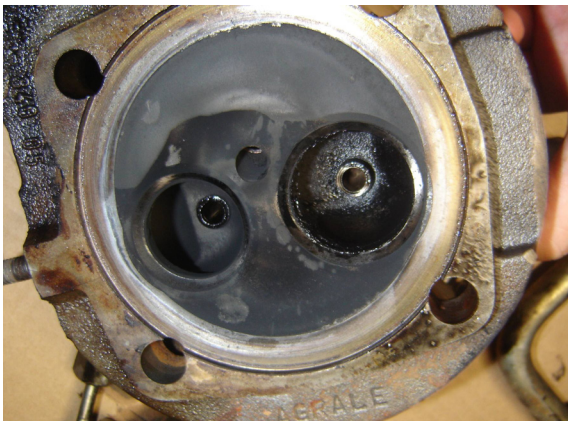


Figura 2. Situação do cabeçote do motor no tratamento OV05/Tamb.



Figura 3. Deposição de resíduos no bico injetor no tratamento OV05/Tamb.

No OV0/Tamb, não foi encontrado nenhum tipo de anomalia e seus resultados foram utilizados como padrão, servindo de comparação com os resultados de outros tratamentos. Observou-se formação de depósitos de resíduos na válvula de admissão (Figura 4) e no cabeçote (Figura 5), tal como ocorrido no tratamento OV05/Tamb. Nenhuma ocorrência foi verificada durante os ensaios com óleo: tratamento OV0/Tamb. Entretanto, no momento da desmontagem do motor na oficina foi verificado travamento do elemento do bico injetor, provocando sua substituição.



Figura 4. Depósito na válvula de admissão no tratamento OV0/Tamb

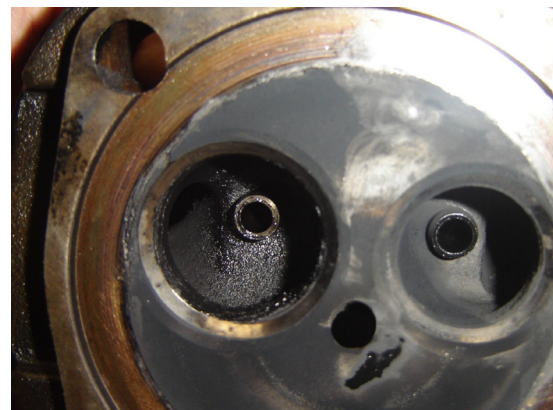


Figura 5. Depósito no cabeçote no tratamento OV0/Tamb.

No tratamento OV50/90, foi verificada deposição na válvula de admissão (Figura 6) e cabeçote (Figura 7), tal como ocorrido nos outros tratamentos, porém, em intensidade maior, podendo ser notada pequena deposição de resíduos na cabeça do pistão (Figura 8), necessitando que se efetuasse uma limpeza da câmara de combustão após o período de

300 horas. No bico injetor, também foi verificada deposição no mesmo nível encontrado na câmara de combustão. Na válvula de admissão a causa mais provável da formação dos depósitos é a forma como foi projetado o motor, enquanto as deposições na cabeça do pistão foi causada pela queima incompleta do combustível.

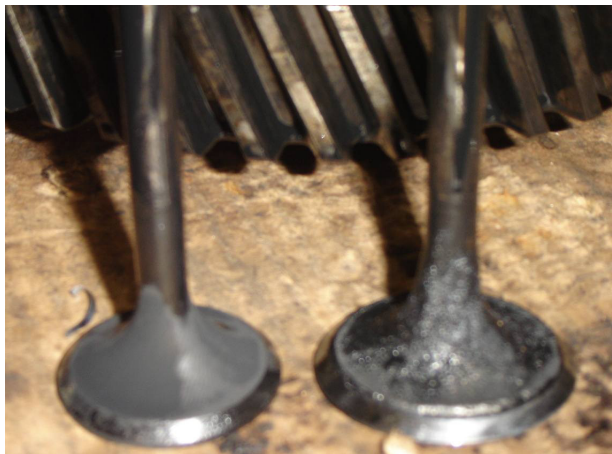


Figura 6. Deposição de resíduos na válvula de admissão no tratamento OV50/T90

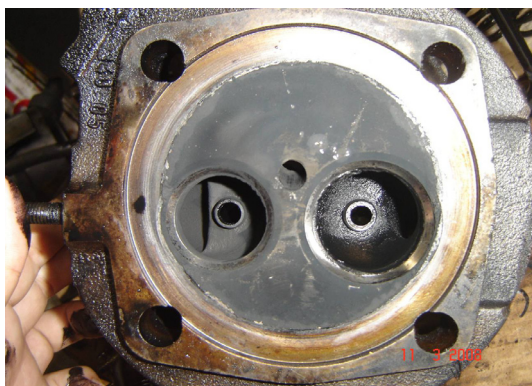


Figura 7. Situação do cabeçote do motor no tratamento OV50/T90.



Figura 8. Situação do pistão no tratamento OV50/T90.

De forma geral, a formação de resíduos não foi superior a ponto de influenciar no desempenho no motor, porém, para a mistura de OV50/90, torna-se recomendável a descarbonização da câmara de combustão em intervalos não maiores que 500 horas. O tempo de trabalho foi de 300 horas, mas não houve necessidade de abertura especificamente para efetuar a descarbonização.

Dos problemas da utilização de óleo vegetal como combustível relatados por Kaltner (2004), foram

verificadas o problemas com a bomba e bico injetor e a observação de resíduos na cabeça do pistão, quando utilizado o OV50.

Os resultados dos relatórios enviados pela oficina Retifica Rio Branco podem ser avaliadas no Quadro 3, cujos dados indicam que, que em termos de desgaste possivelmente decorrente das misturas do combustível com óleo vegetal, foram verificadas danos ou desgaste apenas nos componentes do sistema de alimentação do motor.

Quadro 3. Medidas dos componentes do motor, após os tratamentos estudados.

Componentes	Tratamentos			
	OV05/Tamb	OV50/Tamb	OV0/Tamb	OV50/T90
Cilindro (mm)	90,00	90,00	90,00	90,00
Pistão (mm)	89,94	89,94	89,94	89,94
Eixo Virabrequim (mm)	50,93	50,93	50,93	50,93
Biela (mm)	54,00	54,00	54,00	54,00
Bucha da Biela (mm)	28,08	28,08	28,08	28,08
Altura (mm)	Adm	0,80	0,80	0,80
	Desc.	0,95	0,95	0,95
Haste (mm)	Adm	7,95	7,95	7,95
	Desc.	7,95	7,95	7,95
Guia (mm)	Adm	8,01	8,01	8,01
	Desc.	8,01	8,01	8,01
Folga Axial do Virabrequim (mm)	0,25	0,25	0,25	0,25
Folga da Bronzina ao Eixo Virabrequim (mm)	0,07 a 0,08	0,09 a 0,10	0,09 a 0,10	0,09 a 0,10
Pressão do Bico Injetor (kgf/cm ²)	185	180	185	185
Bico injetor	Aspecto Carbonizado e Colorido	Desgaste médio necessitando de troca	Aspecto Carbonizado e Colorido	Aspecto Carbonizado e Colorido
Elemento da Bomba	Aspecto de novo	Aspecto de novo	Aspecto de novo	Elemento travado e necessitando de troca

O laudo das análises das amostras dos óleos lubrificantes utilizados durante os testes de geração de energia foram todos reprovados pelo Laboratório de Ensaio de Óleos Lubrificantes - LEOL, do SENAI-MG, sugerindo a sua substituição, até mesmo quando o motor foi alimentado somente com o OV0.

No Quadro 4, podem ser verificados os resultados das

análises físicas e químicas e os métodos utilizados para a análise das amostras de óleo lubrificante utilizados. Nas colunas dos óleos usados, estão apresentadas as médias de duas amostras. A análise do ponto de fulgor das amostras de OV0/Tamb não pôde ser realizada devido à grande contaminação do óleo com água.

Quadro 4. Resultados das análises físico-químicas das amostras de lubrificante usadas no motor na condição de trabalho e do lubrificante novo.

Ensaio	Método	Óleos Lubrificantes			
		Novo	OV05/Tamb	OV0/Tamb	OV50/T90
Viscosidade a 40° C (cSt)	ABNT NBR 10441	155,32	110,44	170,24	124,98
pH		8,54	7,08	7,68	7,89
Ponto de Fulgor (°C)	ABNT NBR 11341	245	236	*	255
TBN (mg g ⁻¹ de KOH)	ABNT NBR 5798	9,9799	3,7111	9,5312	7,8131
Insolúveis de Pentano (%)	P-MB-325	0,09	0,04	0,02	0,025
Água (% de volume)	ABNT NBR 14238	0,0	0,1	0,1	0,1

A análise de desgaste metálico e aditivação estão apresentadas no Quadro 5, tendo sido o ensaio realizado de acordo com o Método LEOL/IT-09.

Verifica-se que no laudo foi sugerido o procedimento de substituição do lubrificante em todas as amostras de óleos usados. Observa-se, também, que a quantidade de

ferro, cromo, cobre e alumínio, presentes nas amostras do lubrificante do tratamento OV50/T90, foi superior as obtidas nos outros tratamentos, fortalecendo a hipótese de desgaste do eixo virabrequim e do rolamento, esta análise pode ser comprovada pela inexistência de desgaste nos outros componentes do motor durante as medições.

Quadro 5. Resultados das análises de desgaste metálico e aditivação das amostras de lubrificante usadas no motor na condição de trabalho e do lubrificante novo.

Ensaio	Óleos Lubrificantes			
	Novo	OV05/Tamb	OV0/Tamb	OV50/T90
Fe (mg/L)	1,30	98,95	77,45	961,50
Al (mg/L)	0,30	7,75	4,40	19,85
Na (mg/L)	4,10	12,00	12,05	10,70
Zn (mg/L)	707	1145	874,50	568,00
Cr (mg/L)	0,00	3,60	1,85	16,10
Ni (mg/L)	0,00	2,40	0,85	1,30
Mg (mg/L)	2291	270,00	1916,5	1826,50
Mo (mg/L)	0,00	2,00	4,90	2,40
Pb (mg/L)	0,00	16,25	4,60	9,15
Ca (mg/L)	320	2302,00	851,50	360,00
Cu (mg/L)	0,00	3,15	3,65	7,00
Si (mg/L)	6,60	23,75	11,50	16,40
Ba (mg/L)	4,50	0,05	14,30	7,30
V (mg/L)	0,00	2,30	1,20	0,60
B (mg/L)	25,40	0,35	18,45	17,25
P (mg/L)	698	1030,50	685,50	521,00

CONCLUSÕES⁷

Verifica-se, em função dos resultados obtidos que:

- Não ocorreu formação de resíduos na câmara de combustão que necessitasse de descarbonização antes de 300 horas de operação do motor em todos os tratamentos utilizados, até a proporção de 50% de óleo vegetal no diesel utilizado como combustível;
- Quando óleo vegetal é misturado ao diesel, o intervalo de troca dos lubrificantes deve ser reduzido devido à sua contaminação;
- Não ocorreram desgastes, no período de trabalho avaliado, dos componentes do motor;
- A utilização de óleo vegetal é uma alternativa viável em comunidades distantes de centros de distribuição de combustíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COELHO, S.T. ; SILVA, O.C. ; SILOTTO, C.E.G. ; VELÁZQUEZ, S.M.S.G.; MONTEIRO, M.B.C.A. Implantação e Testes de Utilização de Óleo Vegetal Como Combustível Para Diesel Geradores em Comunidades Isoladas da Amazônia. <http://www.nipeunicamp.org.br/agrener/anais/2004/Trabalho%2045.pdf>. 26 jul. 2009.
- KALTNER, F.J. Geração de energia elétrica em pequenas comunidades da Amazônia, utilizando óleo vegetal “*in natura*” de espécies nativas como combustível em motores diesel. SAEX` 2004. Módulo 1-Biomassa. 9p.
- MAZIEIRO, J.V.G.; CORRÊA, I.M. Biocombustível em queque. *Revista Cultivar Máquinas*. n.32, p.6-9, 2004.

⁷ OBS. * O ensaio teve que ser interrompido no ponto de 50% do volume recuperado, pois, a temperatura já estava em 342°C. Deve se proceder ao ensaio de destilação utilizando o equipamento para destilação à pressão reduzida (ASTM 1160)

Ministério da Defesa – Exército Brasileiro. **Trabalho Técnico Sobre Manutenção Preditiva em Vtr da Família Leopard 1 e em Vbtp M113 por Meio da Análise Química de Óleos Lubrificante.** 2003.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME, **Balço Energético Nacional. Análise Energética Brasileira – período 1970 a 2005.** Brasília. 2006.

MORAES, J.R. **Manual dos óleos vegetais e suas possibilidades energéticas.** Rio de Janeiro. Confederação Nacional da Indústria, 1981. 78p.

OLIVEIRA, L.B., COSTA, A.O. da. Biodiesel:

uma experiência de desenvolvimento sustentável In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE, 2002. v.IV. p.1772 – 1779

PRATEEPCHAIKUL, G; APICHATO, T.; Palm oil as a fuel for agricultural diesel engines: Comparative testing against diesel oil. **Songklanakarín J. Sci. Technol.** v.25, n.3, p. 317-326, 2003.

SOARES, G.F.W.; VIEIRA, L.S.R.; NASCIMENTO, M.V.G. Operação de um grupo gerador utilizando óleo vegetal bruto como combustível . In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL-AGRENER, 3, 2000. Campinas. **Anais...** Campinas: [s.n.], 2000.