

## **BIODIESEL DE SOJA X DIESEL: DESGASTE DO MOTOR DE TRATOR AGRÍCOLA EM OPERAÇÃO DE PREPARO DE SOLO**

**Ana Lúcia Paschoa Botelho Ferreira Barbosa<sup>1</sup>, Afonso Lopes<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Eng. Agrônoma, Profª Doutora, Centro Universitário Unifafibe, Bebedouro - SP, Fone: (0XX16) 991845818, anapaschoa@fafibe.br.

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal - SP, (0XX16) 991857610, afonso@fcav.unesp.br.

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO** - O uso de biocombustíveis deverá consolidar-se nos próximos anos. O sonho de ambientalistas há décadas, adquiriu recentemente "status" de real agente redutor de emissões de gases tóxicos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar em condições reais de utilização de tratores no preparo de solo com arados, grades e subsolador, o desgaste de motores Sisu Diesel do tipo 620DSR. Utilizou-se diesel (B00) e biodiesel de óleo de soja na proporção de 20% (B20-Soja). O tempo de avaliação foi de 18 meses, equivalente à média 3.624 horas de trabalho efetivo de campo (preparo de solo) para cada trator avaliado, todos da marca Valtra, modelo BH180. Após os testes em campo procedeu-se à retirada e envio para as instalações do fabricante, em Mogi das Cruzes, SP, onde se efetivou diversas análises. A condição de desgaste dos motores que funcionaram com biodiesel de soja não apresentou anormalidade em comparação ao motor que funcionou com diesel. Foram encontrados, no o sistema de alimentação, pequenos depósitos de coloração escura na bomba injetora do motor testado com biodiesel de soja.

**PALAVRAS-CHAVE:** resistência de materiais, biocombustíveis, ensaio de trator.

## **BIODIESEL OF SOYBEAN X DIESEL: ENGINE WEAR OF AGRICULTURAL TRACTOR IN SOIL TILLAGE**

**ABSTRACT** - The use of biofuels should consolidate over the coming years. A dream for decades, environmentalists has recently acquired the "status" of real reducing agent of emissions of toxic gases. This work was to evaluate in real field conditions the wear of the Sisu Diesel engine type 620DSR. Used-diesel (B00) and biodiesel of soya oil in the proportion of 20% (B20-soybean). The evaluation time was 18 months, which resulted in average 3.624 hours of work effective field (soil tillage) for each tractor evaluated, being the same brand, model Valtra BH180. After the field tests it was removed and sent to the plant of Valtra in Mogi das Cruzes, SP, where several analysis were carried out. The results showed that the condition of abrasion of the engines that worked with biodiesel of soya bean has not presented abnormality in comparison to the engine which has worked with diesel. Evaluating the feeding system, small deposits of dark color were found in the motor pump sampled with soybean biodiesel.

**KEYWORDS:** resistance of materials, biofuels, test of a tractor.

## INTRODUÇÃO

O óleo diesel é um combustível de composição complexa, obtido do petróleo através do processo de destilação fracionada. A estrutura e propriedades físico-químicas dependem dos processos de obtenção e da origem do petróleo. O diesel é constituído basicamente por hidrocarbonetos parafínicos, olefínicos e aromáticos e, em menor quantidade, por substâncias cuja fórmula química contém átomos de enxofre, nitrogênio, metais, etc. Esses hidrocarbonetos são formados por moléculas constituídas de 8 a 40 átomos de carbono (SILVA, 1995).

Os motores diesel geralmente utilizam o óleo diesel como combustível. Este deve possuir características importantes quanto à qualidade de ignição, densidade, calor de combustão, volatilidade, transparência e efeito não-corrosivo.

A corrosão e o desgaste estão associados ao conteúdo de enxofre, cinzas e resíduos do combustível. O combustível não deve causar corrosão antes da combustão, ou corrosão e desgaste após a combustão. Os componentes do motor e o combustível diesel são feitos para serem compatíveis. Uma vez que o diesel é um bom lubrificante, ele é usado para lubrificar parte da bomba de injeção de combustível (MARTINELLI Jr., 1998).

A principal vantagem técnica trazida pelo biodiesel é a adaptabilidade aos motores do ciclo diesel, dispensando modificações e configurando-se como uma alternativa técnica capaz de atender à frota movida atualmente a óleo diesel. O uso de outros combustíveis alternativos, tais como o gás natural ou biogás, requer adaptações dos motores para a utilização, fato que torna o biodiesel bastante atrativo (MEIRELLES, 2003).

O biodiesel é um combustível renovável e biodegradável, com emissões isentas de compostos sulfurados, substâncias tóxicas e cancerígenas, emitindo 90% menos fumaça que o diesel. A obtenção é realizada a partir da transesterificação de óleos vegetais, com características físico-químicas similares às do diesel mineral (ROCHA et al., 2008).

Na década de 1980, diversos estudos do uso de óleos vegetais *in natura* para substituição do óleo diesel foram realizados no Brasil. Os resultados não recomendaram o uso, pois tinha maior custo de produção (TOLMASQUIM, 2003) e o uso como combustível resultava na formação excessiva de depósitos de carbono, na obstrução de filtros e bicos injetores, na diluição parcial do óleo lubrificante por combustível e no desgaste prematuro do motor (RAMOS et al., 2003), além, do odor desagradável nos gases de exaustão.

Algumas propriedades físicas dos óleos vegetais limitavam a aplicação nos motores, principalmente, a alta viscosidade, a baixa volatilidade e o caráter poliinsaturado (índice de cetano em torno de 40), que prejudica o funcionamento do motor (FERRARI et al., 2005).

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar desgastes em motores Sisu Diesel do tipo 620DSR de trator agrícola da marca Valtra, modelo BH180, em função da utilização de diesel de petróleo (B00) e biodiesel de soja na proporção de 20% (B20% Soja), após um período em operações de preparo de solo em condições normais de usina de cana-de-açúcar.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Santo Antônio, propriedade da Usina Catanduva do Grupo Virgolino Oliveira (GVO), em Ariranha, SP, com início em 20 de setembro de 2005 com duração de 18 meses sem interrupções. A área possui localização geográfica definida pelas coordenadas 21°07' latitude sul e 38°50' longitude oeste, com

altitude média de 516 m e as atividades realizadas foram: subsolagem, aração, gradagem média e leve em condições normais de trabalho em usina de cana-de-açúcar.

O biodiesel etílico de soja utilizado nos teste foi preparado e fornecido pelo LADETEL (Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas) do Departamento de Química da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, em conformidade com a norma ANP n°. 240, de 25 de agosto de 2003 (BRASIL, 2003).

Foram utilizados para os testes dois tratores da marca VALTRA, modelo BH180 com tração dianteira auxiliar (TDA), equipados com motores Sisu Diesel tipo 620DSR, 6 cilindros, cilindrada total de 6600 cm<sup>3</sup>, potência de 133 kW (180 cv) a 2300 rpm (ISO 1585), torque de 650 Nm a 1400 rpm (ISO 1585) e massa total de 10.620 kg, distribuídas 40 e 60% nos eixos dianteiro e traseiro, respectivamente, equipados com pneus 18.4-26R1 dianteiro e 24.1-32R1 no eixo traseiro, de propriedade da Usina Catanduva.

Embora os tratores sejam todos novos, por exigência do ensaio e da Agência Nacional de Petróleo (ANP), foram substituídos todos os sistemas de alimentação por outros devidamente protocolados pelo fabricante Delphi. A referida empresa foi responsável pelo fornecimento e controle dos referidos sistemas nos tratores de teste. O sistema de injeção utilizado foi o da bomba rotativa mecânica Delphi código V8861A140W-1 (número Valtra 82633400) e bicos injetores Delphi código VLRBV00004 (número Valtra 83600600).

TABELA 1. Identificação de bomba injetora utilizada nos testes.

COMBUSTÍVEL	BOMBA ANTIGA	BOMBA NOVA
B00 (Diesel)	3954AYB	7526BYB
B20 (20% Soja)	5035AYB	0167AYB

O óleo lubrificante utilizado nos motores em teste foi o URSA PREMIUM TDX 15W40, API CI-4, ACEA E7-04, MB 228.3 & Volvo VDS-3 e as análises realizadas em intervalos pré-determinadas de uma hora, 125 horas e 250 horas.

Antes do início dos testes foram trocados os filtros de óleo do lubrificante do motor. Foi definido que o óleo seria trocado a cada 250 horas, conforme recomendado pela fabricante Valtra.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos após os testes com os motores que funcionaram com diesel e biodiesel de soja (B20) apresentaram normalidade e em conformidade com as especificações técnicas válidas, não houve danos nos motores e nem perdas no desempenho após as 3.624 horas em atividades de preparo de solo na usina de cana de açúcar.

O bloco do motor (B20 Soja) não apresentou trincas, região de assentamento do cabeçote sem vazamentos de solução do radiador ou óleo lubrificante, buchas do comando com baixo desgaste.

A válvula de admissão apresentou pequena formação de “borra” na região da tulipa, porém sem afetar o desempenho do sistema. Os casquilhos do virabrequim e biela com baixo desgaste, sem atingir a camada de cobre, foi observado no casquilho do segundo mancal com marca de desgaste acentuada causada por partículas residual não removida durante o processo de montagem, porém sem interferir na lubrificação do virabrequim.

Os anéis de encosto do mancal traseiro da árvore de manivelas apresentaram um desgaste aparente principalmente nos componentes da fase interna (anel superior e inferior que sofreram maior esforço com a carga axial aplicada).

Os pistões com baixo desgaste na região da saia, em ambos os lados do componente, formação de “resina amarelada” aderida ao corpo do pistão, pequeno depósito de carvão no canaleta do segundo anel de compressão dos pistões e anéis de compressão com folga entre pontas conforme especificado com baixo desgaste.

Camisa de cilindro com brunimento aparente sem presença ou sinais de *scuffing*, pequenas regiões com espelhamento que não afetaram a lubrificação, de acordo com os resultados de consumo de óleo e “*blowby*” do motor e área externa da camisa exposta ao líquido de arrefecimento sem presença de cavitação e perda de material.

Estudos de avaliação da corrosividade de diferentes tipos de biodiesel oriundos de oleaginosas brasileiras sobre diversos materiais metálicos e poliméricos estão em execução. O objetivo é estudar a compatibilidade dos diferentes materiais com biodiesel, etanol e misturas com combustíveis minerais (MONTEIRO et al., 2006). Acredita-se que misturas diesel/biodiesel sejam menos corrosivas que o diesel mineral, CRAWSHAV et al. (2006), por exemplo, estabeleceram que o biodiesel pudesse ser utilizado como aditivo anti-corrosão (5-25%) no diesel.

A bomba injetora, em um primeiro momento, realizou-se uma análise visual na parte externa e principalmente interna, sobretudo em partes móveis e, finalmente de desempenho que foi comparado com uma bomba de referência que permaneceu em poder do fabricante a Delphi para se avaliar o quanto à bomba em teste se afastou da situação de ajuste inicial.

A análise da dosagem da bomba injetora (FIGURA 1), após testes normatizados pelo fabricante em bancada a curva de dosagem plena B00 (usada) e B20 Soja (usada) encontra-se próxima a curva padrão engenharia (usada), apenas foi observado uma alteração na dosagem da curva B20 Soja (usada) na zona de influência do parafuso de torque (1000 rpm) fenômeno que não deve ser atribuído ao biodiesel, desvio que pode ser corrigido externamente pelo operador, as bombas em testes demonstraram-se em conformidade com a bomba referência, as pequenas alterações observadas foram consideradas normais pelo fabricante.

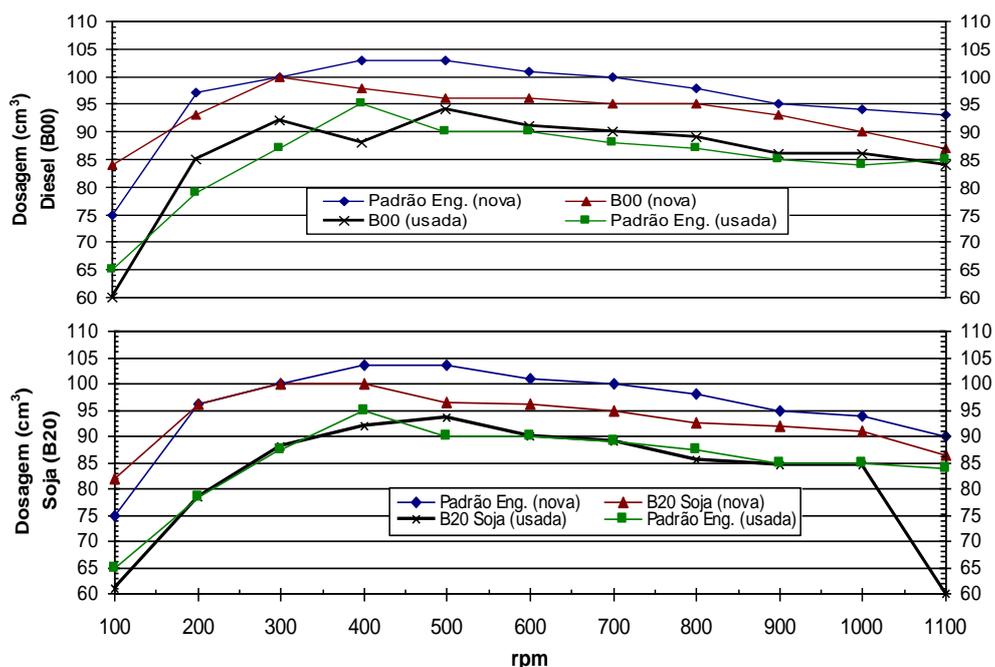


FIGURA 1. Análise da dosagem da bomba injetora V8861A140W-1/Série 00167BYB após testes com diesel (B00) e biodiesel de Soja (B20).

A pressão de transferência apresentou um leve acréscimo, mas sem comprometimento nas características de avanço da bomba injetora (FIGURA 2).

De acordo com o plano de testes para a bomba injetora (Delphi) a pressão de transferência de uma bomba usada verificada na rotação de 100 rpm deve ser no mínimo de 0,8 bar (11 lbf/pol<sup>2</sup>) e um ajuste na rotação de 1000 rpm de 6,0 a 7,4 bar (90 a 108 lbf/pol<sup>2</sup>), os resultados obtidos em bancada, conforme curvas B00 e B20 Soja (usada) das figuras 3 e 4 apresentaram-se próximos aos listados acima e em conformidade com os requisitos de plano de testes fornecido pelo fabricante a Delphi.

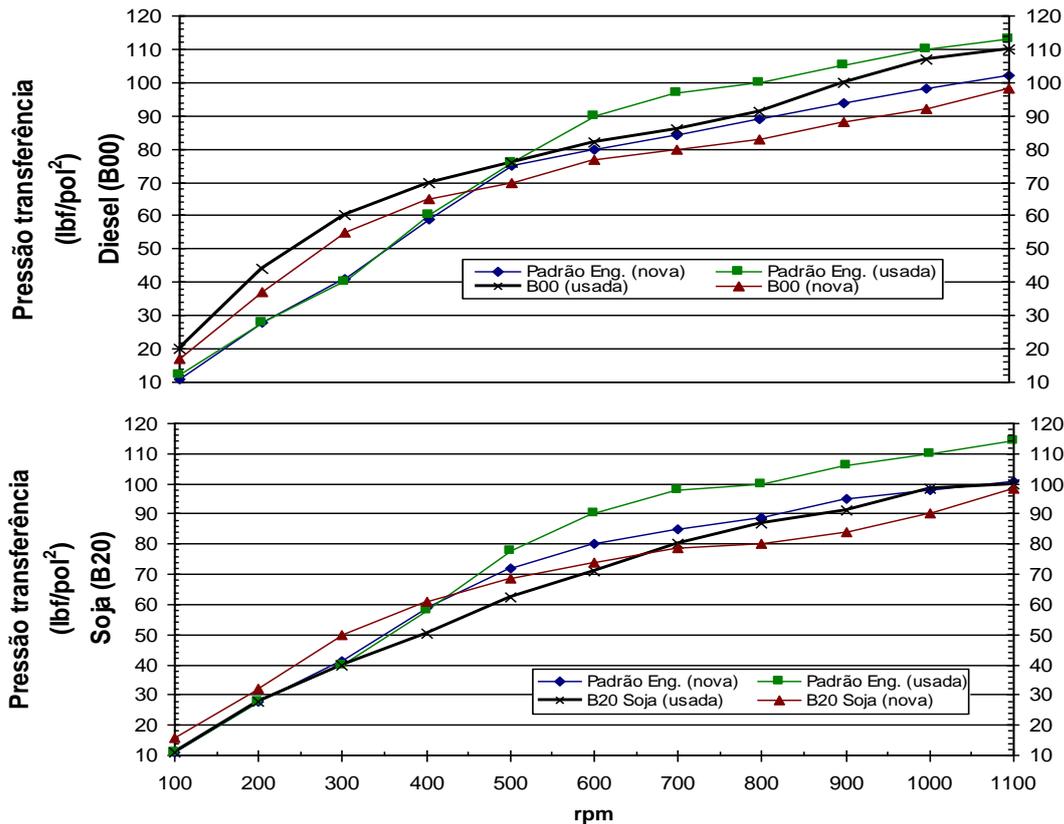


FIGURA 2. Análise da pressão de transferência da bomba injetora V8861A140W-1/Série 07526BYB, após testes com combustível diesel (B00) e biodiesel de Soja (B20).

A análise do avanço da bomba injetora testada com diesel e biodiesel (FIGURA 3) apresentou curvas B00 e B20 Soja (usada) em conformidade com os requisitos do plano de teste que recomenda o ajuste do avanço na rotação do motor a 650 rpm com 2,5° a 3,3° e ajuste do avanço total na rotação de 900 rpm a um grau de 3,65° a 4,20° que é executado pelo parafuso ajustador da pressão de transferência na placa final da bomba.

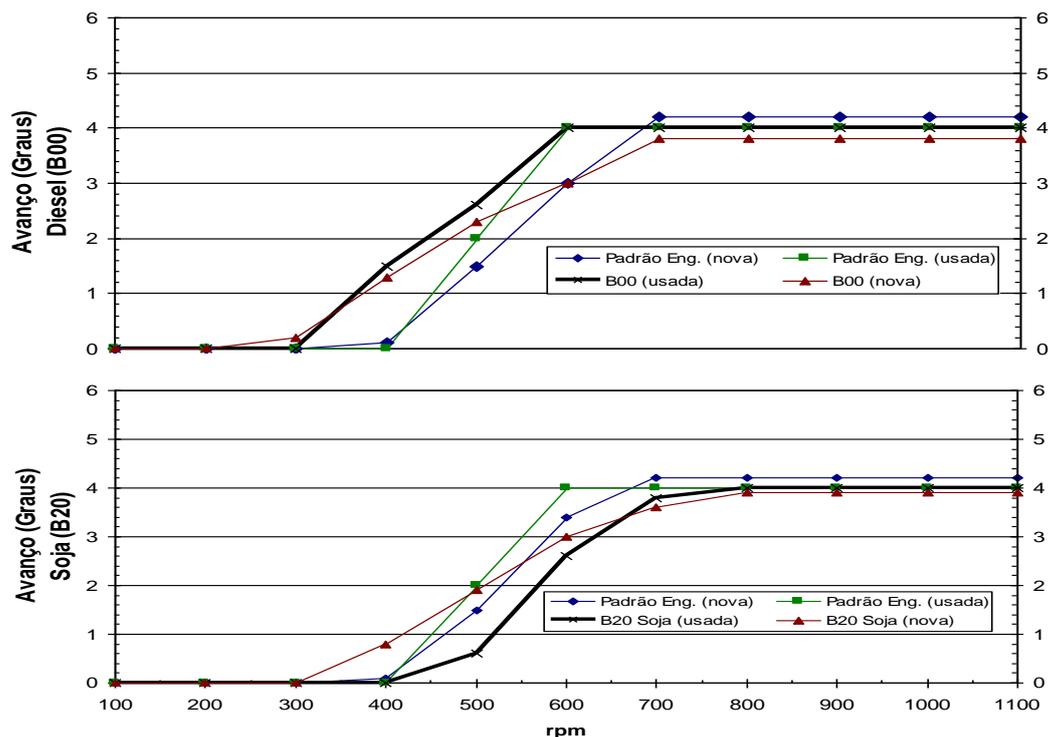


FIGURA 3. Análise do avanço da bomba injetora V8861A140W-1/Série 07526BYB, após testes com combustível diesel (B00) e biodiesel de Soja (B20).

Com relação à curva do governador, observa-se que a bomba injetora após os testes de campo apresentou queda notável a 1150 rpm em decorrência da ação do parafuso de torque, teve a curva de sistema automático alterado, porém com preservação da máxima rotação do motor. Este é um dispositivo com ajuste externo e a conclusão do fabricante é que a queda de dosagem ocorre em região fora do uso no trator, pois que se fosse percebida qualquer anomalia pelo operador (fato não relatado), a mesma seria acertada sem necessidade de interrupção do trabalho ou retirada do sistema do trator. Outro parâmetro observado é a curva B00 (usada), que apresentou resultados nos testes de bancada próxima a curva B00 (nova), indicando normalidade no sistema (FIGURA 4).

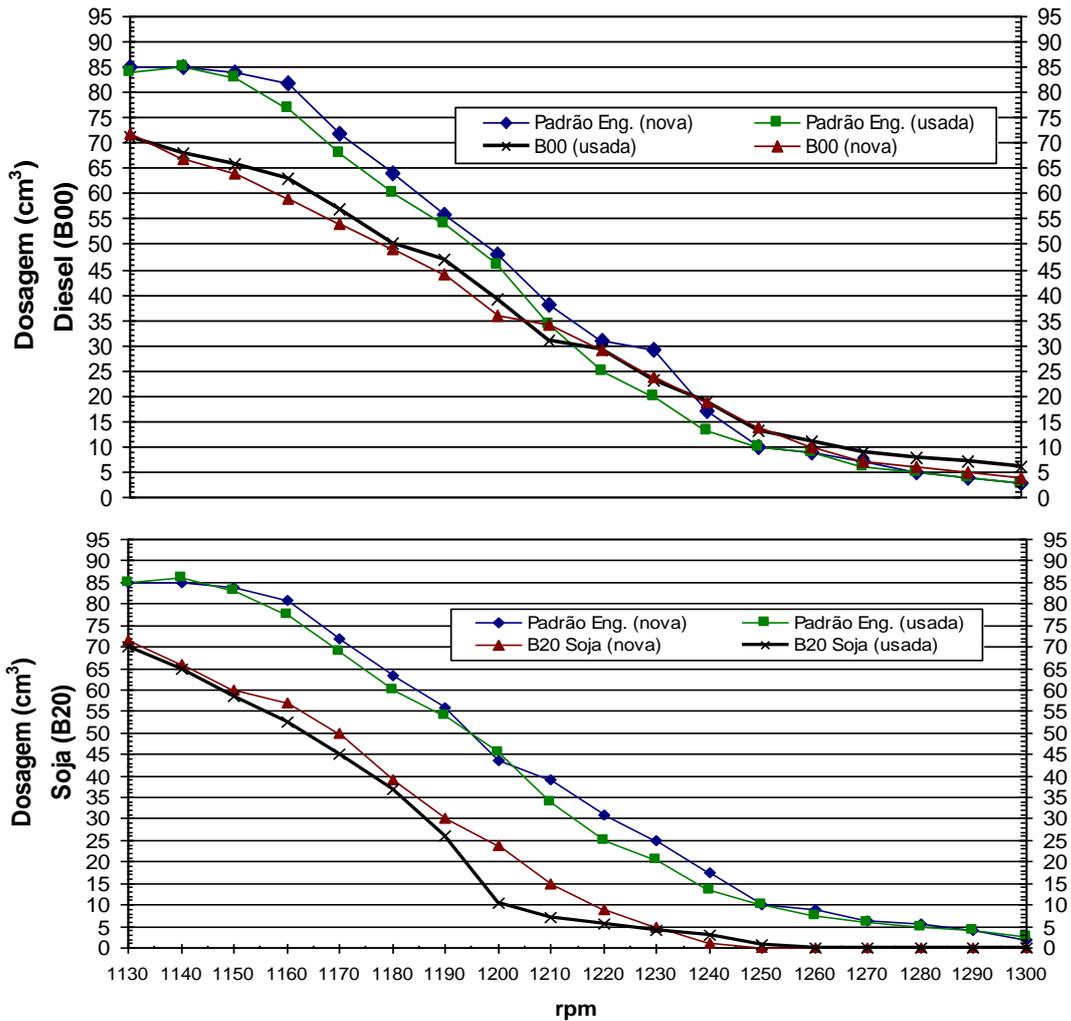


FIGURA 4. Análise da curva do teste de governador da bomba injetora V8861A140W-1/Série 07526BYB, após testes com combustível diesel (B00) e biodiesel de Soja (B20).

A curva de marcha - lenta, que é a entrega de combustível quando o acelerador se encontra em repouso na posição de mínimo óleo. Houve uma queda na rotação em que o motor pára na marcha – lenta e essa variação é normal uma vez que a rotação de marcha – lenta final no motor é acertada com a bomba já instalada, ou seja, a bomba deixa a fábrica com rotação próxima da correta e o ajuste fino é feito no motor. Isso explica a diferença das rotações para a condição inicial e final. A curva apresenta caracterização normal (FIGURA 5).

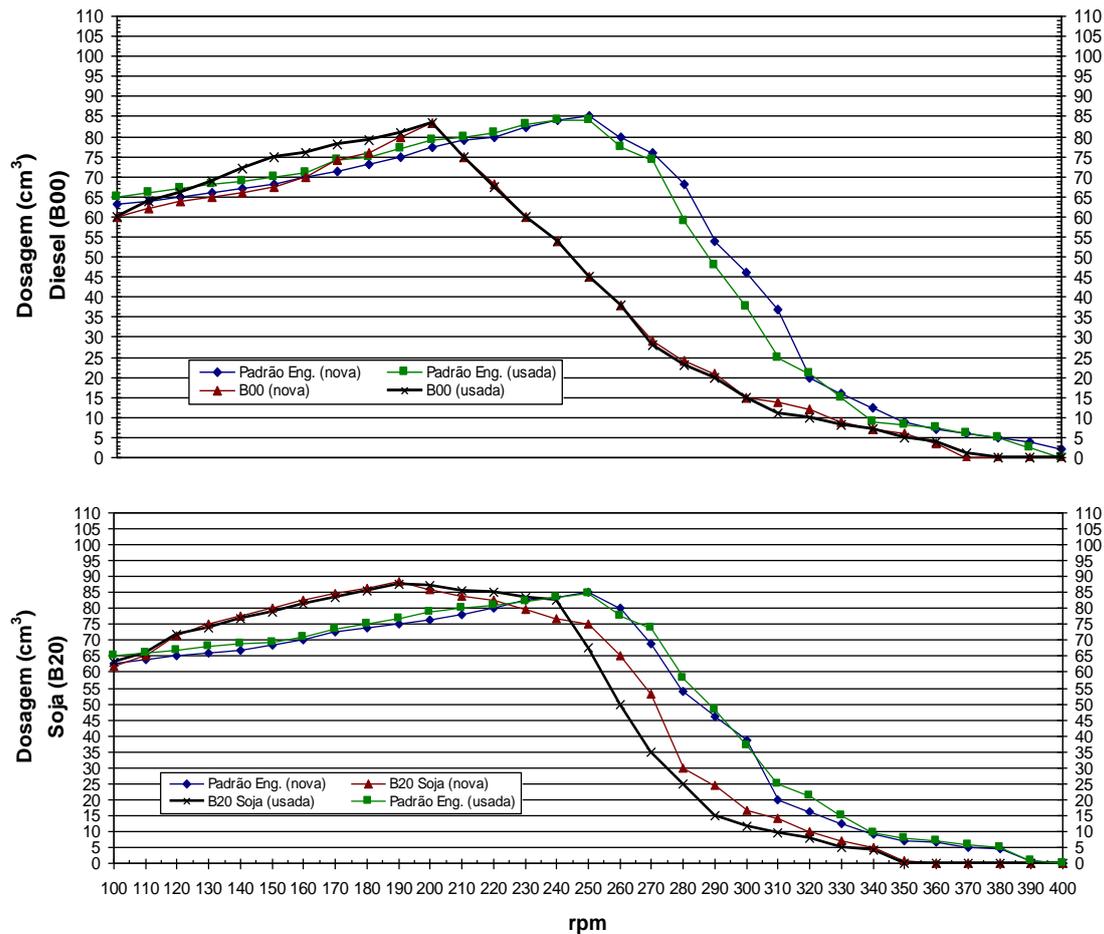


FIGURA 5. Análise da curva de marcha-lenta da bomba injetora V8861A140W-1/Série 07526BYB, após testes com combustível diesel (B00) e biodiesel de Soja (B20).

Os bicos injetores utilizados em testes de campo, antes de serem desmontados para a inspeção interna visual, foram verificados quanto à performance e todos se apresentaram com os 5 furos isentos de obstruções ou depósitos, o jato de pulverização estava com direção e pressão conforme especificado pelo fabricante. Outros componentes também foram analisados pelo fabricante Delphi que não identificou nenhuma anormalidade nas peças internas, tais como: molas, agulhas e válvulas. (Tabela 2 e 3).

TABELA 2. Resultados dos testes com bicos injetores Delphi VLRBV00004 (número Valtra 83600600), após testes com combustível diesel (B00).

INJETOR N°	L004CVA	L004CVA	L004CVA	L004CVA	L004CVA	L004CVA
BICO N°	1	2	3	4	5	6
N.O.P. (ATMS)	240	245	245	235	250	240
PULVERIZAÇÃO	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
RETROESCOAMENTO (s)	9,55	8,05	4,57	6,44	12,11	9,15
GOTEJAMENTO	Não	Não	Não	Não	Não	Não
FURAÇÃO	5	5	5	5	5	5
OBSERVAÇÕES	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

ATMS: Atmosfera Padrão (Standard Atmosphere). N.O.P Nozzle Opening Pressure (Pressão de Abertura do Bico). Para cada aplicação existe uma especificação. ATM (Atmosfera Padrão – Standard Atmosphere). 1 ATM = 1 Bar. Pressão de trabalho do bico (novo) 260 ATM. RETROESCOAMENTO → Tempo de retorno utilizado para verificar folga da agulha com o corpo do bico injetor. Menor tempo (folga maior)/Maior tempo (folga menor).

TABELA 3. Resultados dos testes com bicos injetores Delphi VLRBV00004 (número Valtra 83600600) após testes com biodiesel B20 (Soja).

INJETOR N°	L004CVA	L004CVA	L004CVA	L004CVA	L004CVA	L004CVA
BICO N°	1	2	3	4	5	6
N.O.P. (ATMS)	230	230	245	250	235	220
PULVERIZAÇÃO	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
RETROESCOAMENTO(s)	9	7,05	6,99	5,45	3,56	6,35
GOTEJAMENTO	Não	Não	Não	Não	Não	Não
FURAÇÃO	5	5	5	5	5	5
OBSERVAÇÕES	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

ATMS: Atmosfera Padrão (Standard Atmosphere). N.O.P Nozzle Opening Pressure (Pressão de Abertura do Bico). Para cada aplicação existe uma especificação. ATM (Atmosfera Padrão – Standard Atmosphere). 1 ATM = 1 Bar. Pressão de trabalho do bico (novo) 260 ATM. RETROESCOAMENTO → Tempo de retorno utilizado para verificar folga da agulha com o corpo do bico injetor. Menor tempo (folga maior)/Maior tempo (folga menor).

Segundo WHEAT et al. (2003), existem poucos relatos de corrosão metálica relacionada à utilização do diesel mineral. Um desses relatos mostrou que o metal deve ser exposto durante um longo período de tempo para que o processo corrosivo do aço de baixo carbono possa ser observado. Determinou-se que o recobrimento de algumas partes metálicas de motores a diesel com liga Níquel (Ni), Cromo (Cr), Alumínio (Al) e Ítrio (Y) aumenta a resistência à corrosão. Especialmente, as ligas de Alumínio (Al) e Magnésio (Mg), muito utilizadas na indústria automotiva, tornam-se mais resistentes quando são recobertas utilizando-se a tecnologia de *thermospray* (BARBEZAT et al., 2005). Uma liga de Ferro (Fe), Carbono (C), Níquel (Ni), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Vanádio (V) e Boro (B) também aumenta a resistência à corrosão e desgaste de cilindros automotivos quando é utilizada para recobrimento (UOZATO et al., 2005).

Os resultados da análise do óleo lubrificante do motor demonstraram que as propriedades de proteção ao desgaste, à corrosão e de limpeza às partes vitais do motor e componentes, entre outras, foram qualificadas como em conformidade com as exigências do equipamento, recebendo a devida aprovação de uso.

Algumas amostras apresentaram metais de desgaste (chumbo e ferro) ligeiramente acima do recomendado pelo fabricante de tratores Valtra. Porém, há que se considerar a repetição do método, a manutenção das demais características físico-químicas e a ocorrência de tais exceções de modo descontínuo.

Foram encontrados valores limítrofes de silício, recomendando uma reavaliação do limite condenatório (15 ppm), tendo-se em vista as condições de serviços da máquina, em contato intenso com o solo e impurezas.

Os resultados da inspeção dos componentes internos do motor que funcionou com biodiesel, em comparação à inspeção do motor com B00 (diesel), comprovaram os resultados físico-químicos encontrados nas análises do óleo lubrificante usado, confirmando limpeza dos pistões e ranhuras de anéis, eixo de cames em excelentes condições e proteção ao desgaste.

AGARWAL et al. 2003, estudaram o uso de uma mistura B20 de ésteres de óleo de linhaça em substituição ao diesel convencional e efeitos no desgaste de componentes vitais do motor. Utilizando dois motores idênticos (um para cada combustível), consistiu de um teste de longa duração, que totalizou 512 horas. As amostras de lubrificante foram coletadas a cada 128 horas. Ambos os motores passaram por análise dimensional dos principais componentes. Concluíram que o uso de 20% de biodiesel no combustível reduziu em pelo menos 30% o

desgaste dos componentes vitais do motor resultado confirmado na análise de metais efetuado nas amostras de lubrificantes.

## CONCLUSÕES

O motor Sisu Diesel, modelo 620 DSR e sistemas de injeção, não apresentaram desgastes anormais e problemas funcionais em função da utilização de biodiesel etílico de soja na proporção de 20% (B20 Soja), comparado ao motor testado com diesel de petróleo;

Os resultados observados no presente trabalho demonstraram que o biodiesel de soja na proporção de 20% (B20 Soja) misturado no diesel de petróleo e que atendam as especificações da Agência Nacional de Petróleo (ANP), pode ser utilizado como bicomcombustíveis para o motor Sisu Diesel 620DSR, que esteja equipado com sistema de injeção Delphi e utilizando óleo lubrificante do motor Texaco Ursa Premium TDX SAE 15W40, API CI-4, ACEA E-7.

## REFERÊNCIAS

- AGARWAL, A. K.; BIJWE, J.; DAS, L. M. Wear assessment in a biodiesel fueled compression ignition engine. **Journal of Engineering for Gas Turbines and Power-Transactions of the Asme**, v. 125, p.820-826, 2003.
- BARBEZAT, G. A avançada tecnologia de aspersão térmica e revestimento de blocos de motores leves para a indústria automotiva. **Surface and Coatings Technology**, v.200, p.1990-1993, 2005.
- BRASIL. Agência Nacional do Petróleo. Norma nº. 240, de 25 de agosto de 2003. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 21 mar. 2010.
- CRAWSHAW, E. H.; LILLEY, L. C.; VAN SLUIS, B.; *EP pat.* V.1, p.674-553, 2006.
- FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja - taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. *Química Nova*, v.28, n.1, p. 19-23, 2005.
- MARTINELLI Jr., L. C. Motores de combustão interna. Parte I. Caderno Unijuí, Série Tecnologia Mecânica. nº 10, 1998.
- MEIRELLES, F. S. **Biodiesel**. Federação da Agricultura do Estado de São Paulo. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Brasília, 2003, 27p.
- MONTEIRO, M. R.; BATOCCHIO, M. R.; COPETE, E.; KURI, S. E. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 29., 2006, Águas de Lindóia, Brasil. Anais.
- RAMOS, L. P.; KUCEK, K.; DOMINGOS, A. K.; WILHEM, H. M. Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v. 31, p.28-37, 2003.
- ROCHA, D. Q.; BARROS, D. K.; COSTA, E. J. C.; SOUSA, K. S.; PASSOS, R. R.; VEIGA JUNIOR, V. F.; CHAAR, J. S. Determinação da matéria – prima utilizada na produção do biodiesel adicionado ao diesel mineral através de monitoramento seletivos de íons. *Química nova*, v.31. n.5, p.1062-1066, 2008.
- SILVA, F. M. **Sistema de alimentação de motores com duplo combustível – metano e diesel**. 121 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.
- TOLMASQUIM, M. T. **Fontes renováveis de energia no Brasil**. São Paulo: Interciência, 2003. 515 p.
- UOZATO, S.; NAKATA, K.; USHIO, M.; **Surface and Coatings Technology**. 2005, v. 200, p. 2580.
- WHEAT, H. G.; THAKAR, M.; *J. Corros. Sci. Eng.* 2003, v.6, C124.