

Desempenho de um trator agrícola de pneus, funcionando com misturas de óleo diesel e óleo de soja reutilizado

Wagner da Cunha Siqueira¹, Haroldo Carlos Fernandes², Nerilson Terra Santos³,
Mauri Martins Teixeira⁴, Selma Alves Abrahão⁵

RESUMO

No Brasil, a forma de energia alternativa mais atraente tem sido a biomassa e, mais recentemente, os óleos vegetais residuais e *in natura*. Portanto, objetivou-se, com este trabalho, avaliar o desempenho na tomada de potência de um trator agrícola de pneus, utilizando misturas de óleo Diesel (OD) com óleo de soja reutilizado (OSR). Primeiramente, foi realizado um estudo de densidade das misturas, comportamento da temperatura do óleo Diesel no sistema de alimentação de combustível do motor e análises de viscosidades das misturas em estudo. Após as análises, verificou-se, por meio de ensaios dinamométricos, o desempenho do motor alimentado com misturas de OD com OSR, em diferentes proporções. As principais conclusões deste trabalho foram: a) para as avaliações na tomada de potência, a mistura de 25% OD com 75% OSR apresentou a maior potência entre as demais misturas; b) o consumo específico e os torques demonstraram tendência a maiores valores com o acréscimo da percentagem de OSR às misturas.

Palavras-chave: Combustível, densidade, viscosidade.

ABSTRACT

Performance of an agricultural tire tractor working with mixtures of diesel oil and reused soybean oil

In Brazil, biomass has been the most attractive form of alternative energy, and, more recently, residue and fresh vegetable oils. Therefore, the objective of this study was to evaluate the performance of the power take-off of an agricultural tire tractor with the mixtures of Diesel oil (DO) with reused soybean oil (RSO). First, it was evaluated the density of the mixtures, the Diesel oil temperature behavior in the system of engine fuel feeding and viscosity of the mixtures. Dynamometric assays were carried out to evaluate the performance of the engine fed with the mixtures DO + RSO at different ratios. The results showed that the density and viscosity of the mixtures varied with the increase in the amount of oil of reused soybean (RSO) and with the variation in the temperature; the mixture 25% DO with 75% RSO provided the greatest power take-off compared with the other mixtures; and the specific consumption and torque increased with increasing percentages of RSO added to the mixtures.

Key words: Density, fuel, viscosity.

Recebido para publicação em 03/02/2011 e aprovado em 08/08/2011

Financiado pelo CNPq e FAPEMIG. Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor

¹Engenheiro Agrícola, Doutorando em Mecanização Agrícola. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil. wagnercsiqueira@yahoo.com.br

²Engenheiro Agrícola, Doutor. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil. haroldo@ufv.br

³Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil. nsantos@ufv.br

⁴Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil. mauri@ufv.br

⁵Engenheira Agrimensora, Doutoranda em Engenharia Agrícola. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil. easelma@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O petróleo é uma das principais fontes de energia para a alimentação de motores de combustão interna, possibilitando sua transformação em energia química, térmica e mecânica.

Uma das tarefas atuais dos pesquisadores é a busca por novas fontes energéticas, para atender ao período de transição do petróleo para outros combustíveis não fósseis (Lima, 2002).

A investigação do potencial dos óleos vegetais como combustível constitui-se em uma destas alternativas, em substituição ao petróleo e vem apresentando resultados animadores (Salazar, 2002).

Rabelo (2001) aponta como possível alternativa a obtenção de biodiesel de óleos vegetais, utilizados em frituras de alimentos.

A reciclagem de resíduos de frituras vem ganhando espaço investigativo no Brasil, com proposição de métodos de reciclagem apropriados, destacando-se, entre outros, a produção de ésteres de ácidos graxos, um biocombustível denominado biodiesel (Wust, 2004).

De acordo com Fender (2009), a utilização do óleo vegetal na forma *in natura* poderá ter vantagens em relação ao biodiesel, apresentando possibilidade de total independência dos derivados de petróleo; não requer investimentos em longo prazo, em especial, com equipamentos, e apresenta imediato retorno do capital empregado e incentivo à produção de sementes oleaginosas.

Objetivou-se, com este trabalho, verificar o desempenho na tomada de potência de um trator agrícola de pneus, funcionando com misturas de óleo Diesel e óleo de soja reutilizado.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola (LMA) do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), na Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de janeiro a fevereiro de 2010. Foi avaliado o desempenho na tomada de potência de um trator agrícola de pneus, marca Valmet, modelo 65ID, Motor MWM, modelo D225-3TV, 4 tempos, injeção direta, refrigerado a água, camisas úmidas removíveis, com 3 cilindros verticais em linha, cilindrada total de 2.829 cm³, relação de compressão 18:1, ordem de ignição 1-3-2, rotação máxima de 2.300 RPM e potência nominal igual a 42,65 kW, com 8.358 horas trabalhadas, tendo, como principais dimensões, rodagem traseira de 14,9/13-28", 6 lonas, rodagem dianteira de 7,5-16", 6 lonas, comprimento do trator de 3,02 m, distância entre eixos de 1,94 m, altura da barra de tração de 0,4 m, peso traseiro estático de 166,3 N, peso dianteiro estático de 87,7 N, sendo alimentado por di-

ferentes teores de misturas de óleo Diesel (OD) e óleo de soja reutilizado (ORS), proveniente do restaurante universitário da UFV.

Combustíveis Utilizados

Para que o óleo de soja reutilizado (OSR) pudesse ser utilizado nas misturas com o óleo Diesel, ele passou por processos como decantação, filtragem, lavagem e fervura, com a função de retirar impurezas e partículas indesejáveis.

Para a realização das avaliações foram usadas misturas de OD com OSR nas proporções de:

0% OD e 100% OSR; 25% OD e 75 % OSR; 50% OD e 50% OSR; 75% OD e 25% OSR; 100% OD e 0% OSR.

As misturas foram separadas com base em peso e não em volume, por causa das diferenças de densidade entre o OD e o OSR. Após pesadas, as misturas foram armazenadas em recipientes de cinco litros cada, devidamente identificados.

Determinações da densidade do combustível

Para a determinação do consumo específico de combustível, foi necessário o conhecimento da densidade das diferentes misturas utilizadas. Foram utilizados uma proveta com capacidade de 100 mL e precisão de 1 mL, um termômetro com variação de 0°C a 210°C e uma balança com capacidade para 300 g e precisão de 0,001 g .

A determinação da densidade iniciou-se com a pesagem do óleo e a medição da temperatura da amostra, (55 mL de volume em temperatura ambiente). Esta amostra foi aquecida posteriormente até 120°C e o início do registro das leituras ocorreu quando a temperatura da mistura atingiu 80°C. A cada 5°C de decréscimo na temperatura, foi coletado o valor de sua massa e volume, até que a mistura retornasse à temperatura ambiente. Repetiu-se este procedimento para todas as amostras.

Temperaturas do óleo Diesel no sistema de alimentação

Para a utilização do óleo vegetal *in natura* em motor Diesel, são necessárias algumas técnicas e adaptações para melhorar o desempenho desses motores, entre elas o aquecimento do óleo para a redução da viscosidade, uma vez que esta tem um valor superior à do óleo Diesel. Para a obtenção das temperaturas, foram utilizados quatro termopares instalados no tanque de combustível, na entrada e saída da bomba injetora e na entrada do bico injetor.

Determinações da viscosidade do combustível.

Analisou-se o comportamento da viscosidade de diferentes misturas de óleo Diesel (OD) e óleo de soja reutilizado (OSR), utilizando-se um viscosímetro de orifício do tipo Saybolt.

Para a determinação da viscosidade, foram utilizadas amostras, nas proporções descritas anteriormente. A conversão da unidade da viscosidade de Segundos Universais Saybolt (SUS) para a Viscosidade Cinemática (Centistokes) foi realizada por meio do Nomograma (Barguer, 1966), posteriormente, as viscosidades foram confrontadas com a Portaria ANP 310 (2001).

As temperaturas utilizadas para se avaliar a viscosidade das misturas foram de 30, 60 e 90 °C de acordo com a variação das temperaturas encontrada no sistema de alimentação, em avaliações anteriores.

Determinação do poder calorífico do combustível.

Os testes de calorimetria foram realizados, utilizando-se uma bomba calorimétrica marca *The Parr, Automatic Adiabatic Calorimeter*, pertencente ao Departamento de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Viçosa.

Para a determinação do poder calorífico superior (PCS), os testes seguiram a norma ANSI/ASTM D 240 - 76.

Avaliação na Tomada de Potência (TDP)

A TDP do trator avaliado foi acoplada, por meio de um eixo cardã, ao dinamômetro de rotação, do tipo transmissão, montado em berço.

Para a avaliação na TDP, foram aplicadas dez cargas pelo dinamômetro, cinco misturas de combustível e três repetições.

Para a realização das avaliações, além do dinamômetro foi utilizado um fluxômetro de combustível, com capacidade para 1.000 mL, um tacômetro digital de contato e um cronômetro digital. As avaliações seguiram a norma NBR 5484 (1985) e, para isto, foram utilizadas temperaturas de bulbo úmido, bulbo seco e dados da pressão atmosférica, obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O ensaio iniciou-se após dez minutos de funcionamento do motor com óleo Diesel puro, para aquecimento. Para as misturas com algum percentual de OSR, seguiu-se, por mais dez minutos, com o funcionamento do motor com a mistura a ser testada, sob uma determinada carga. Para o encerramento, deixou-se também o motor funcionando, novamente por dez minutos, com óleo Diesel puro, a fim de evitar formação de gomas e entupimentos.

Na avaliação, foram coletados dados da rotação do motor, carga aplicada pelo dinamômetro e consumo de combustível. Foram realizadas três repetições para cada mistura de combustível.

Os dados foram coletados, visando a obter os valores da potência, torque, consumo horário e consumo específico de combustível, em função da rotação do motor e, também, para a determinação da reserva de torque.

Após coletados, os dados foram tabulados com o auxílio de uma planilha eletrônica, convertidos e corrigidos de acordo com a norma NBR 5484 (1985), utilizando-se a planilha para ensaio na tomada de potência, que plota automaticamente as curvas características da potência, torque e consumo específico de combustível, descrita pela Figura 1.

Aplicação do fator de correção

A potência gerada pelo motor é uma grandeza influenciada pelas condições atmosféricas. Para a padronização de resultados, obtidos em condições diferentes daquelas previstas pela norma NBR 5484, utiliza-se um fator de correção que permite a comparação entre valores obtidos em diferentes condições de temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica. Assim, todos os valores obtidos no ensaio foram multiplicados pelo fator de correção "Kd". Este procedimento também está contido na planilha eletrônica para ensaio na TDP (F, 2003), representada na Figura 1.

Análise estatística

O experimento foi conduzido no esquema de parcelas subdivididas, segundo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), para o ensaio na TDP, com dez cargas (C1, C2, C3, C..., C10), variando de 10 a 290 lbf (44,5 a 1.289,9 N) e cinco misturas (M1, M2, M..., M5) de óleo combustível, 0% OD e 100% OSR, 25% OD e 75% OSR, 50% OD e 50% OSR, 75% OD e 25% OSR, 100% OD e 0% OSR com três repetições. Para a instalação do experimento, foi feito um sorteio da ordem da avaliação dos tratamentos.

De acordo com a norma NBR 5484 (1985), as cargas (C1, C2, C..., C10) não foram sorteadas e, sim, aplicadas de forma crescente. Desta forma, soube-se qual a ordem de execução das primeiras dez avaliações do experimento, variando as cargas segundo a sequência de 10 a 290 lbf (44,5 a 1.289,9 N), em uma ordem crescente. Sendo assim, o fator mistura foi designado às parcelas e o fator cargas foi designado às subparcelas do experimento. A unidade experimental deste experimento foi composta por um intervalo de dez minutos de funcionamento do motor, submetido a uma das combinações (MiCj) dos fatores, conforme mencionado anteriormente. Durante este intervalo, foram coletados dados das seguintes variáveis: rotação do motor, carga do dinamômetro e consumo de combustível.

Os dados das variáveis coletadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas por teste de Tukey para identificar a mistura que proporciona os melhores resultados nas variáveis de interesse. O nível de significância adotado foi de 5%, com a utilização do programa computacional Statistical Analysis System, versão 9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Densidade do combustível

Por meio da análise de regressão, foram determinadas equações para estimar as densidades das misturas, nas diferentes temperaturas (25 a 90 °C) Tabela 1. Os modelos foram lineares e as estimativas das equações podem ser visualizadas na Figura 2.

Os valores encontrados das densidades das misturas ficaram na faixa de 0,811 a 0,910 g cm⁻³ para temperaturas variando de 25 a 90 °C; observando-se as curvas, percebeu-se que a densidade diminuiu linearmente com o aumento da temperatura, com coeficiente de determinação superior a 97%. O comportamento decrescente obtido com o aumento da temperatura é típico dos fluidos newtonianos. Comportamento semelhante também foi obtido por Castro (1999), quando se estudou a densidade do azeite de babaçu.

Pode-se verificar, também, que as densidades das misturas aumentaram com o aumento da percentagem de óleo de soja reutilizado (OSR) e diminuíram com o aumento da temperatura. Maronhas (2010), na utilização de misturas de óleo de soja reutilizado com óleo diesel em um motor estacionário, constatou que a densidade das misturas

aumenta com o aumento da percentagem de óleo de soja (OS) e diminui com o aumento da temperatura. Em suas análises, a mistura que forneceu maior densidade foi a de 100% OS e 0% OD e a de menor densidade foi a de 0% OS e 100% OD, com uma diferença de 0,061 g mL⁻¹, a 70 °C.

Temperaturas do óleo Diesel no sistema de alimentação

Por meio de análise das médias dos valores obtidos, foram determinadas as curvas para estimar as temperaturas do óleo Diesel presentes no sistema de alimentação de combustível do trator. As estimativas das curvas de aquecimento do sistema de alimentação do motor do trator podem ser visualizadas na Figura 3.

Verifica-se que, à medida que se aumentaram as cargas aplicadas na TDP do trator, ocorreu um aumento de temperatura no sistema de alimentação o que possibilitou a redução da viscosidade do combustível, quando se utilizaram misturas de óleo vegetal e óleo Diesel.

Maziero *et al.* (2007), analisando o desempenho de um motor Diesel com óleo bruto de girassol, constatou variações na temperatura do sistema de alimentação, sendo que óleo combustível, na entrada da bomba injetora, apre-

Trator Ensaiado: Valmet 65id													Resultados Corrigidos				
Entrada de dados													Potência	Cons. Esp.	Torque		
Pressão barométrica =																	
Temperatura ambiente =																	
Temp. bulbo molhado =																	
Cilindrada =																	
Umidade Relativa =																	
Pressão do ar seco =																	
Fator atmosférico =																	
Densidade do óleo =																	
Leitura	F	Rot.	Cons.	Pot	Cons. hor.	Torque	Cons. Esp.	Q	Vaz comb. (q)	fm	Fator	Potência	Cons. Esp.	Torque			
	lbf	rpm	mL/3 min	kW	L / h	Nm	g / kWh	g/s	q		correção	kW	g / kWh	Nm			
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	

Figura 1. Planilha eletrônica para ensaio na TDP.

Tabela 1. Equações geradas para a estimativa das densidades das misturas

Misturas	Densidades (g mL ⁻¹)	Fórmulas	R ²
0% ORS e 100% OD	D =	0,87813753 - 0,000741962 *T(c°)	0,97
25% ORS e 75% OD	D =	0,889684613 - 0,000660064 *T(c°)	0,98
50% ORS e 50% OD	D =	0,90431829 - 0,000719204 *T(c°)	0,97
75% ORS e 25% OD	D =	0,917667353 - 0,000720577 *T(c°)	0,97
100% ORS e 0% OD	D =	0,926384364 - 0,000616545 *T(c°)	0,98

sentou temperaturas entre 29 e 34 °C (um sistema de refrigeração, instalado na bancada, impedia que a temperatura do combustível ultrapassasse 40 °C).

Viscosidade do combustível.

Por meio da análise de regressão, foram determinadas equações para estimar as viscosidades das misturas, em uma faixa de temperatura de 30 a 90 °C (Tabela 2). Os modelos foram lineares e as estimativas das equações podem ser visualizadas na Figura 4.

Para comparação da viscosidade das misturas, utilizou-se, como referência a Portaria ANP 310 (2001), refe-

rente à viscosidades do óleo Diesel. A faixa de viscosidade recomendada pela ANP 310 fica entre 2,5 e 5,5 cSt, a 40 °C. Para uma condição de temperatura a 40 °C, nenhuma das misturas utilizadas atendeu à Portaria ANP 310, fato que pode ser explicado por ter o óleo Diesel viscosidade cinemática perto do limite superior estabelecido pela portaria. No caso das misturas aquecidas até 60 °C, a mistura de 25% OSR e 75% OD enquadrou-se na Portaria da ANP. Quando a temperatura foi elevada para 90 °C ocorreu redução na viscosidade de todas as misturas testadas, atendendo, assim, à faixa de viscosidade exigida pela ANP 310.

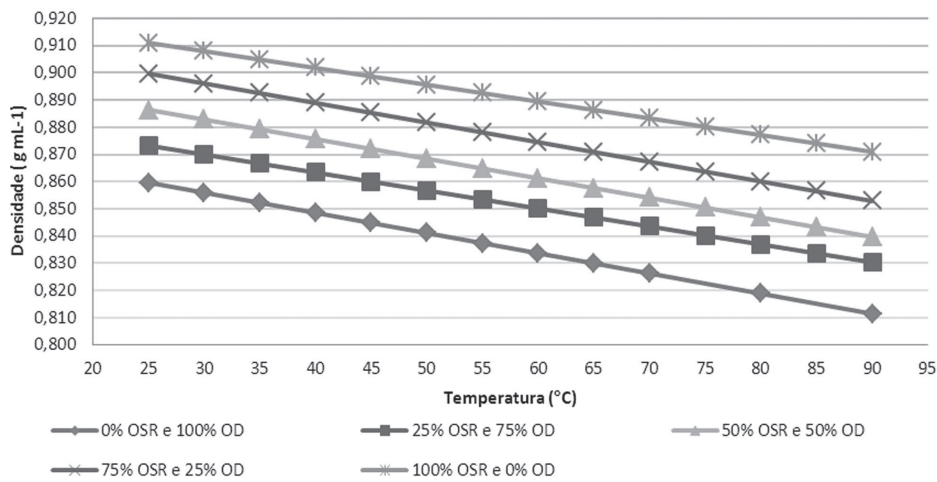


Figura 2. Comportamento das densidades das misturas em função da temperatura.

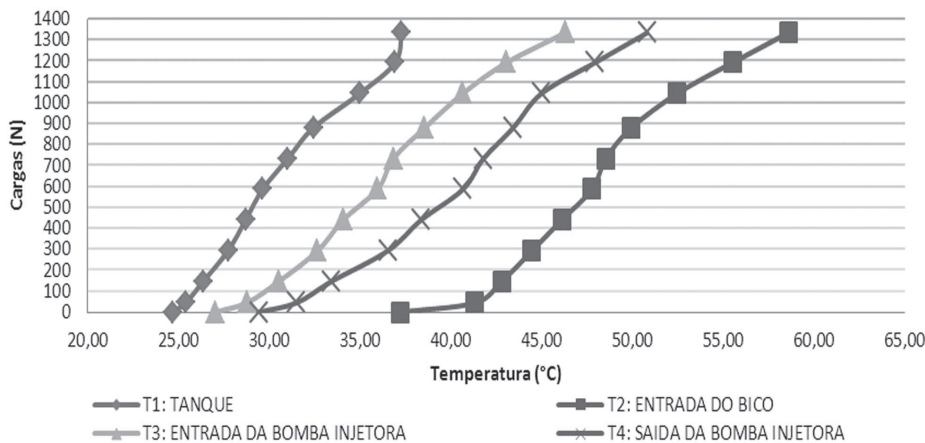


Figura 3. Temperaturas do óleo Diesel no sistema de alimentação de combustível em função da carga aplicada.

Tabela 2. Equações geradas para a estimativa da viscosidade (cSt) das misturas

Misturas	Fórmulas	R ²
0% OSR e 100% OD	$V=8,030067401-0,068338806 \cdot T^{\circ}\text{C}$	99,99
25% OSR e 75% OD	$V=13,59380883-0,129505682 \cdot T^{\circ}\text{C}$	94,85
50% OSR e 50% OD	$V=22,40514178-0,22931907 \cdot T^{\circ}\text{C}$	95,28
75% OSR e 25% OD	$V=38,6366593-0,40544873 \cdot T^{\circ}\text{C}$	95,10
100% OSR e 0% OD	$V=64,89279895-0,681565452 \cdot T^{\circ}\text{C}$	95,05

O aquecimento do OSR de 40 para 90 °C reduziu em até 90,4% a sua viscosidade. Observou-se, também, nas curvas apresentadas (Figura 12), que, quanto maior a proporção de OSR, maior a influência da temperatura na redução da viscosidade.

Castro (1999), estudando a viscosidade do óleo de babaçu, verificou que a viscosidade decresceu consideravelmente em presença de altas temperaturas.

Determinação do poder calorífico do combustível

A Tabela 3 apresenta os valores do poder calorífico superior (PCS) das cinco misturas testadas.

Entre as amostras estudadas, a mistura que apresentou poder calorífico mais próximo ao do óleo Diesel foi a mistura de 25% OSR e 75% OD, havendo uma variação de apenas 48 kcal. A variação do poder calorífico seguiu uma ordem decrescente com relação à do óleo Diesel com o aumento do teor de OSR.

A mistura de 100% OSR apresentou o menor poder calorífico, correspondente a 83% do valor observado no óleo Diesel, valor esse próximo ao encontrado por Knothe (2006), o qual diz que, além do número de cetano, o calor de combustão é uma propriedade que demonstra a adequação dos vários tipos de compostos

graxos para uso como combustível em motores Diesel. O calor de combustão, contido nos óleos vegetais e nos seus respectivos ésteres alquílicos, corresponde a cerca de 90% do valor observado no óleo Diesel derivado de petróleo.

Avaliação na Tomada de Potência (TDP)

Potência do motor

Na Figura 5 e na Tabela 4, estão representadas as curvas de potência corrigida, para as diferentes misturas de combustíveis.

Para a curva de potência, verificou-se que há interação entre as misturas avaliadas, sendo que a mistura de 50% OD com 50% OSR apresentou menor valor em relação ao das demais misturas avaliadas.

Nas avaliações, a potência máxima encontrada, 34 kW, foi verificada na mistura de 25% OD com 75% OSR.

Pode-se perceber que a mudança de combustível provocou variação na potência do motor, sendo que a mistura de 50% OD com 50% OSR obteve, em maior parte, menor potência, comparada com as demais. Já a mistura de 100% OD apresentou, ao longo da curva, valores de potências superiores aos das demais, vindo a decair com o aumento das duas últimas cargas aplicadas, ocasionando, também, redução na rotação da TDP.

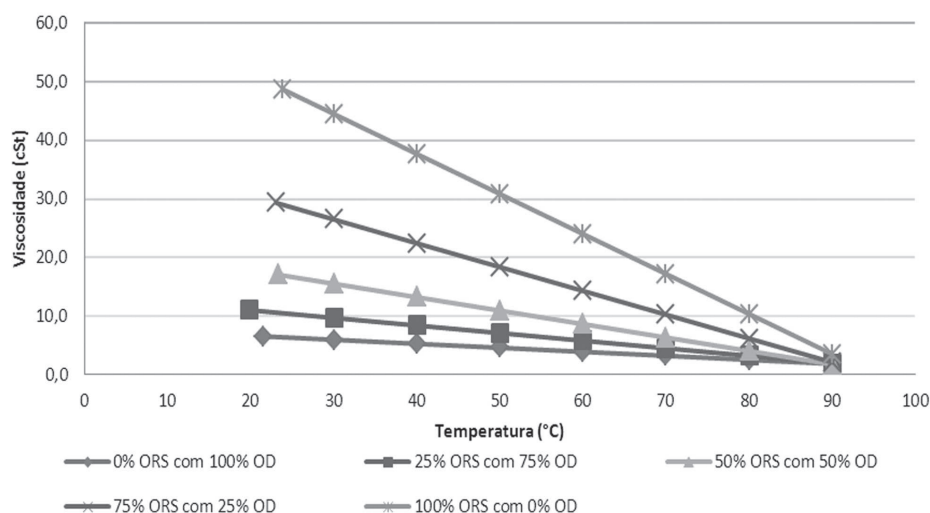


Figura 4. Viscosidade cinemática das diferentes misturas em função da temperatura.

Tabela 3. Análise do Poder Calorífico das misturas

Amostra	PCS Média Kcal	PCS Real Kcal	Ordem de maior PCS
Cápsula	10464,61		
0% OSR/100%OD	18113,02	7648,41	2°
25% OSR/75%OD	18161,02	7696,41	1°
50% OSR/50%OD	17622,86	7158,24	3°
75% OSR/25%OD	17199,13	6734,51	4°
100% OSR/0%OD	16831,59	6366,98	5°

Resultado semelhante foi encontrado por Maronhas (2010), na utilização de misturas de óleo de soja reutilizado com óleo diesel em um motor estacionário em que se verificou que a potência e o torque do motor apresentaram-se maiores para a mistura de 75% OD e 25% OS.

Santos (2010) constatou que o aumento da potência e do torque no motor avaliado foi proporcional à adição de óleo de soja refinado na mistura com óleo Diesel, trabalhando em rotações superiores a 2350 RPM.

Consumo específico de combustível

Na Figura 6 e na Tabela 5, estão representadas as curvas de consumo específico corrigido, para as diferentes misturas de combustíveis.

Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, verificou-se que não houve interação significativa no consumo específico de combustível para as cargas 44, 147, 294 e 1192 N.

Pode-se perceber, por meio da figura 6, que o menor consumo específico em todas as misturas ocorreu em uma faixa de rotação entre 580 e 600 RPM, para uma carga aplicada a TDP de 881 N.

Verificou-se o maior valor encontrado para o consumo específico na mistura de 100% OD com 0% OSR a 586

RPM, utilizando-se uma carga de 881 N. Para essa mesma carga, verificou-se que o restante das misturas não teve diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, apresentando, assim, os menores valores de consumo específico.

Para o consumo específico, observou-se que ocorreram variações, com a adição do OSR, sendo o maior valor encontrado na mistura com 0% OD com 100% OSR, quando se utilizou uma carga de 44 N, correspondente à rotação de 627 RPM.

Maziero *et al.* (2005) observaram que a substituição completa do óleo Diesel por biodiesel de óleo de girassol produziu uma redução média de 7,6% na potência do motor, com um aumento de consumo específico da ordem de 9,8%, em média.

Resultado semelhante foi observado por Santos (2010), trabalhando com óleo refinado de soja para acionamento de motores diesel. O autor verificou um maior consumo específico para as misturas, óleo de soja refinado com óleo Diesel, em comparação com o do óleo Diesel.

Torque do motor

A variação do torque do motor, de acordo com as misturas, pode ser verificada na Figura 7 e na Tabela 6.

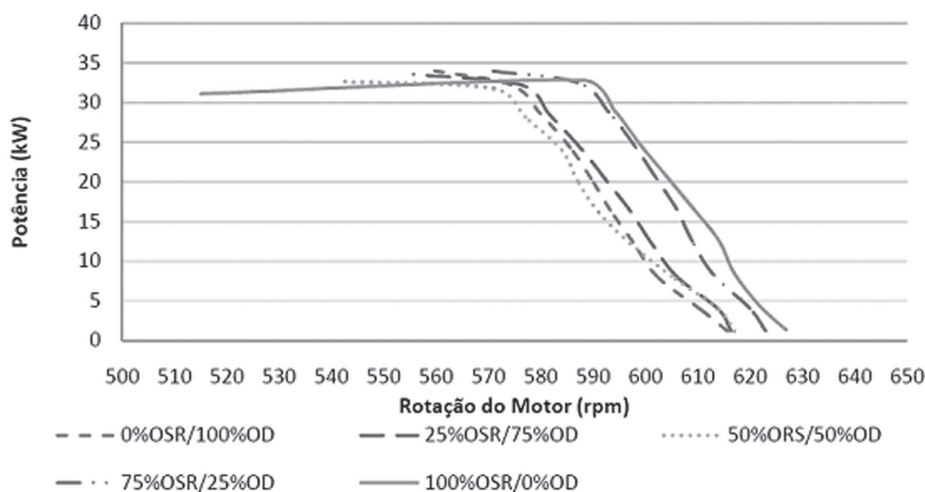


Figura 5. Curvas de potência para diferentes misturas em função da rotação do motor.

Tabela 4. Médias de potência (kW) em cada uma das misturas

MISTURAS	CARGAS (N)										
	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290	
0%OSR	1,18 ns	3,89 ns	8,00 ns	12,39 ns	16,40 ns	20,37 a	24,28 ns	28,54 ns	32,23 ns	33,99 a	
25%OSR	1,18 ns	3,91 ns	8,06 ns	12,39 ns	16,42 ns	20,36 a	24,24 ns	28,48 ns	32,18 ns	33,57 a	
50%OSR	1,18 ns	3,93 ns	8,10 ns	12,27 ns	16,21 ns	16,66 b	24,00 ns	28,14 ns	31,80 ns	32,63 ab	
75%OSR	1,18 ns	4,00 ns	8,32 ns	12,48 ns	16,55 ns	20,54 a	24,50 ns	28,88 ns	32,55 ns	34,10 a	
100%OSR	1,28 ns	4,27 ns	8,47 ns	12,64 ns	16,72 ns	20,75 a	24,70 ns	29,07 ns	32,78 ns	31,10 b	

As médias, seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula, numa mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, verificou-se que houve diferença significativa entre as misturas, quando se utilizaram as três últimas cargas: 1.045, 1.192 e 1.290 N.

A mudança de combustível provocou variação no torque do motor, sendo que a mistura de 100% OD com 0% OSR apresentou o maior valor.

Em comparação com o maior torque observado, a mistura de 100% OSR apresentou um torque de 576 Nm, a uma rotação de 515 RPM, e os demais torques apresentaram seu maior valor em rotações superiores a 540 RPM.

A pesquisa de Maronhas (2010), conduzida com um motor Diesel estacionário, trabalhando com diferentes

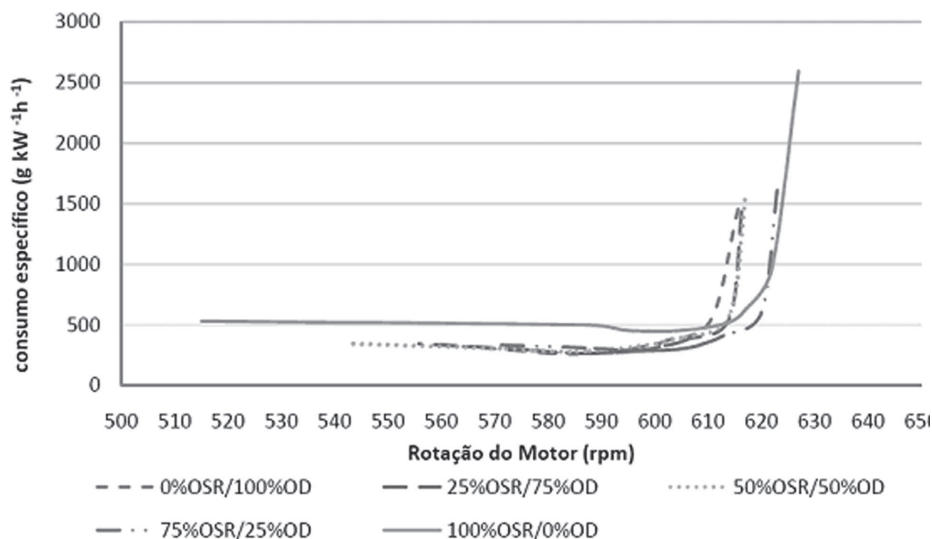


Figura 6. Curva do consumo específico para as diferentes misturas em função da rotação do motor.

Tabela 5. Médias do consumo específico para diferentes misturas

MISTURAS	CARGAS (N)																			
	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290										
0%OSR	1459	d	553	b	371	b	320	b	284	b	269	c	261	b	266	b	289	b	338	b
25%OSR	1437	d	552	b	379	b	321	b	288	b	272	c	266	b	274	b	296	b	344	b
50%OSR	1531	c	578	b	393	b	325	b	296	b	383	b	279	b	288	b	307	b	348	b
75%OSR	1628	b	614	b	418	b	346	b	313	b	295	c	288	b	293	b	312	b	337	b
100%OSR	2600	a	963	a	624	a	523	a	474	a	451	a	449	a	458	a	499	a	531	a

As médias, seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula numa mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

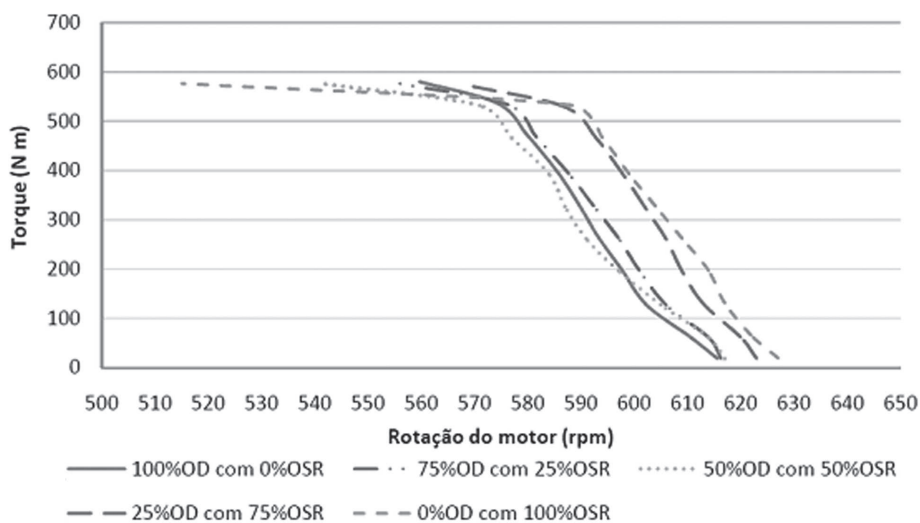


Figura 7. Curvas de torque para as diferentes misturas em função da rotação do motor.

Tabela 6. Médias do torque para diferentes misturas

MISTURAS	CARGAS (N)									
	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290
0%OSR	18,33	ns 60,81	ns 126,75	ns 197,96	ns 263,95	ns 329,94	ns 395,93	ns 469,91	a 535,90	a 579,89
25%OSR	18,31	ns 60,80	ns 127,03	ns 196,94	ns 262,58	ns 328,23	ns 393,88	ns 467,48	ab 533,13	ab 576,89
50%OSR	18,29	ns 61,19	ns 127,79	ns 196,31	ns 261,75	ns 327,18	ns 392,62	ns 465,99	ab 531,42	ab 575,05
75%OSR	18,28	ns 61,94	ns 129,62	ns 195,27	ns 260,36	ns 325,45	ns 390,54	ns 463,52	b 528,62	b 572,01
100%OSR	19,50	65,58	131,16	196,74	262,32	327,90	393,48	467,01	ab 532,60	ab 576,32

As médias, seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula numa mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

misturas de óleo Diesel (OD) e óleo de soja reutilizado (OSR), mostrou valores bem próximos aos valores obtidos nos ensaios. Valores da potência e o torque do motor foram maiores para a mistura de 75% OD e 25% OSR, acompanhados de um menor consumo específico. Para a potência e o torque, este aumento foi 24% maior, em ambos, quando comparado com o da mistura de menor potência e torque, 25% OD e 75% OS.

Machado (2003), avaliando o desempenho do óleo de soja como combustível para motores Diesel, constatou que a mistura de 10 a 30% de óleo de soja com óleo Diesel proporcionou melhores resultados, com relação às demais misturas com o maior índice de óleo vegetal.

CONCLUSÕES

Com o aumento das cargas aplicadas a TDP, ocorreu um aumento na temperatura em todos os pontos do sistema de alimentação.

A potência máxima encontrada, 34,10 kW, foi verificada com a mistura de 25% OD com 75% OSR, porém este valor não foi significativamente diferente do obtido com as misturas de 50, 25 e 0% de OSR.

Quando se utilizou OSR misturado ao OD, o menor consumo específico para todas as misturas ocorreu em uma faixa de rotação entre 580 e 600 RPM, para uma carga aplicada a TDP de 881 N.

As misturas com OSR apresentam maior consumo, em relação ao do OD.

A mudança da percentagem da mistura de combustível provocou variação no torque do motor, sendo que a mistura de 100% OD com 0% OSR apresentou o maior valor.

O OSR mostrou-se uma alternativa viável para ser utilizado em misturas com OD para acionamento de motores.

Novas avaliações devem ser efetuadas após um maior número de horas de funcionamento do motor.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional do Petróleo-ANP (2001). Portaria ANP N° 310, de 27 de Dezembro de 2001. Diário Oficial da União de 28/12/2001.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5484: motores alternativos de combustão interna de ignição por compressão (Diesel) ou ignição por centelha (Otto) de velocidade angular variável - ensaio - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985. 8 p.
- Barguer EL, Liljedahl JB, Carleton WM & Mckibben EG (1966): Tratores e seus motores. São Paulo, Edgar Blucher. 398p.
- Castro AA (1999) Extração, caracterização físico-química, nutricional e reológica do azeite do coco babaçu (*Orbignya spp*). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 65p.
- Fender TR (2009) Por que usar puro óleo vegetal como combustível?. Disponível em: <<http://www.viajus.com.br/viajus.php?pagina=artigos&id=16>>. Acessado em: 22 de julho de 2009.
- Knothe G, Van Gerpen J & Krahl J (2006). Manual de Biodiesel. 1ª ed. São Paulo, Edgard Blücher. 352p.
- Lima L R & Marcondes A A (2002) Álcool carburante: uma estratégia brasileira. Curitiba, Ed. UFPR, 246 p.
- Machado PRM (2003) Avaliação de desempenho do óleo de soja como combustível para motores diesel. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 212p.
- Maronhas MES (2010) Utilização de misturas de óleo de soja reutilizado com óleo diesel em um motor estacionário. Engenharia na agricultura, 18:390-397.
- Maziero JVG, Corrêa IM, Trielli MA, Bernardi JAD & Agostini M (2005) Avaliação do desempenho de um motor de ignição por compressão utilizando óleo diesel e éster etílico de óleo de girassol como combustível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, Varginha. Anais, Lavras: UFLA. CD-ROM.
- Maziero JVG, Corrêa IM, Úngaro MR, Bernardi JA & Storino M (2007) Desempenho de um motor Diesel com Óleo Bruto de Girassol. Revista Brasileira de Agrociência, 13:249-255.
- Rabelo ID (2001) Estudo de desempenho de combustíveis convencionais associados a biodiesel obtido pela transesterificação de óleo usado em fritura. Dissertação de Mestrado. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 98p.
- Salazar E (2002) Óleos vegetais: combustíveis alternativos. Disponível em: <<http://www.terra-cidadevirtual.html>>. Acessado em: 19 de Março de 2002.
- Santos GL (2007) Óleo refinado de soja para acionamento de motores diesel. Engenharia na Agricultura, 18:288-296.
- Wust E (2004) Estudo da viabilidade técnico-científica da produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos. Dissertação de Mestrado. Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 113p.