

DESEMPENHO DE UM TRATOR AGRÍCOLA DE PNEUS, FUNCIONANDO COM MISTURAS DE ÓLEO DIESEL E ÓLEO DE SOJA REUTILIZADO

WAGNER C. SIQUEIRA¹, HAROLDO C. FERNANDES², SELMA A. ABRAHÃO³,
LOBATO P. BARBOSA⁴, JULIANA A. CARVALHO⁵

¹ Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - *Campus Cáceres*, 65 3226 0026, wagner.cunha@cas.ifmt.edu.br

² Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG

³ Eng. Agrimensor, Profª. Doutora, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - *Campus Cáceres*

⁴ Acadêmico de Eng. Florestal, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - *Campus Cáceres*

⁵ Tecnóloga em Biocombustíveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - *Campus Cáceres*

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

RESUMO: No Brasil, a forma de energia alternativa mais atraente tem sido a biomassa e, recentemente, os óleos vegetais residuais e *in natura*. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho na tomada de potência e os custos de um trator agrícola de pneus, utilizando misturas de óleo Diesel (OD) com óleo de soja reutilizado (OSR). Foram utilizadas misturas nas seguintes proporções: 0% de OD e 100% de OSR; 25% de OD e 75% de OSR; 50% de OD e 50% de OSR; 75% de OD e 25% de OSR; 100% de OD e 0% de OSR. Primeiramente, foi realizado um estudo da massa específica, do índice de viscosidade, do poder calorífico das misturas e do comportamento da temperatura do OD no sistema de alimentação de combustível do motor. Depois, foram realizados ensaios dinamométricos para verificar o desempenho e o consumo horário do motor alimentado com as misturas. As principais conclusões foram: a mistura de 25% de OD e 75% de OSR apresentou a maior potência; o consumo específico e os torques tenderam a apresentar maiores valores com o acréscimo da % de OSR; quando aumentou a carga aplicada e a % de OSR, houve uma diminuição dos custos, demonstrando uma economia em cinco anos da vida útil do trator.

PALAVRAS-CHAVE: COMBUSTÍVEL, DESEMPENHO E CUSTO.

PERFORMANCE OF AN AGRICULTURAL TIRE TRACTOR WORKING WITH MIXTURES OF DIESEL OIL AND REUSED SOYBEAN OIL

ABSTRACT: In Brazil, the most attractive form of alternative energy and biomass have been, recently, waste vegetable oils and raw. The objective of this study was to evaluate the performance on power outlet and the costs of an agricultural tractor tires, using mixtures of diesel (OD) of reused oil with soybean oil (RSO). Mixtures were used in the following proportions: 0% and 100% of OD OSR; 25% OD and 75% of OSR; 50% OD and 50% of OSR; 75% OD and 25% of OSR; OD 100% and 0% of OSR. First, a study of density, viscosity index, the calorific value of the mixtures and the temperature behavior of the OD on the power of the engine fuel system was performed. Then dynamometer tests were conducted to verify the performance and time

consumption of the engine fueled with blends. The main findings were: a mixture of 25% OD and 75 % of OSR showed the greatest power ; specific consumption and torques tended to have higher values with the increase of % OSR ; increased when the applied load and the % OSR , there was a decrease in costs , demonstrating an economy in five years of useful life of the tractor.

KEYWORDS: FUEL, PERFORMANCE AND COST.

INTRODUÇÃO

A reciclagem de resíduos agroindustriais e agrícolas tem se destacando devido aos efeitos do descarte inadequados no meio ambiente. Atualmente, parte do óleo vegetal residual oriundo do consumo humano no Brasil é destinada a maior parte a fabricação de sabões e, em menor volume, à produção de biodiesel. Entretanto, a maior parte deste resíduo é descartada na rede de esgotos, sendo considerado um crime ambiental que acaba gerando problemas em redes de tratamentos de água (CARVALHO 2013).

Vidal (2009) prevê que os óleos vegetais irão substituir o petróleo. De acordo com o mesmo autor, isso resultaria em maior autonomia do pequeno produtor rural, uma vez que ele promove o desenvolvimento econômico e social regional, reduz as emissões de poluentes, o que, para a atividade agrícola, significa serem utilizados menos derivados de petróleo, e a montagem de uma rede descentralizada de produção de energia, gerando milhões de empregos.

Para Fender (2009), a utilização do óleo vegetal *in natura* poderá apresentar vantagens em relação à do biodiesel, com possibilidade de total independência dos derivados de petróleo, não requer investimentos de longo prazo, em especial, com equipamentos, e apresenta imediato retorno do capital empregado e incentivo à produção de sementes oleaginosas. O uso de óleos vegetais em motores de combustão interna, automotivos e estacionários, como alternativa ao óleo diesel, implica significativos ganhos sócio-ambientais, pois, trata-se de um recurso renovável de origem agrícola (FARIA, 2010).

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

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa.

Foi utilizado um trator agrícola de pneus, marca Valmet, modelo 65ID, com 8358 h trabalhadas, traseira de 14,9/13-28", 6 lonas, rodagem dianteira de 7,5-16", comprimento 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 e peso dianteiro estático de 87,7 N, motor MWM, modelo D225-3TV, 4 tempos, injeção direta, refrigerado a água, 3 cilindros verticais em linha, cilindrada total de 2829 cm³, relação de compressão 18:1, ordem de ignição 1-3-2, rotação máxima de 2300 RPM e potência nominal igual a 42,65 kW.

Foram utilizadas as seguintes misturas: 0% de OD e 100% de OSR; 25% de OD e 75% de OSR; 50% de OD e 50% de OSR; 75% de OD e 25% de OSR; 100% de OD e 0% de OSR. As misturas foram separadas com base em peso de acordo com as densidades diferentes do OD e do OSR. Para que o OSR pudesse ser utilizado, o mesmo passou por processos como decantação, filtração, lavagem e fervura.

Para a determinação do consumo específico de combustível foi necessário determinar antes a massa específica das misturas. Foram utilizadas 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.

Para a determinação do índice de viscosidade das misturas, utilizou-se um viscosímetro de orifício do tipo Saybolt. As temperaturas utilizadas para se avaliar a viscosidade das misturas foram

30, 60 e 90°C, de acordo com a variação das temperaturas encontrada no sistema de alimentação, em avaliações anteriores.

Para a determinação do poder calorífico do combustível, utilizou-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. Para a obtenção das temperaturas do OD no sistema de alimentação, foram utilizados quatro termopares instalados no tanque de combustível, na entrada e saída da bomba injetora e na entrada do bico injetor.

Para a avaliação na Tomada de Potência (TDP), a TDP do trator foi acoplada, por meio de um eixo cardã, ao dinamômetro de rotação do tipo transmissão, montado em berço. Além do dinamômetro, foi utilizado um fluxômetro de combustível, com capacidade para 1.000 mL, um tacômetro digital de contato e um cronômetro digital. Foram aplicadas dez cargas pelo dinamômetro, cinco misturas e três repetições. As avaliações seguiram a norma da 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). Foram coletados dados da rotação do motor, carga aplicada pelo dinamômetro e consumo de combustível. Estes dados foram utilizados para obterem os valores da potência, torque, consumo horário e consumo específico de combustível, em função da rotação do motor.

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”.

O experimento foi conduzido no esquema de parcelas subdivididas, segundo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dez cargas, variando de 10 a 290 lbf (44,5 a 1.289,9 N) e cinco misturas, 0% de OD e 100% de OSR; 25% de OD e 75% de OSR; 50% de OD e 50% de OSR; 75% de OD e 25% de OSR; 100% de OD e 0% de OSR, com três repetições. Os dados das variáveis coletadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para identificar a mistura que proporciona os melhores resultados nas variáveis de interesse.

Verificou-se a viabilidade do uso das misturas por meio do somatório dos custos fixos e variáveis. Os custos foram estimados pela metodologia proposta pela Embrapa (Pacheco, 2000). Nesta metodologia, o custo operacional de máquinas agrícolas é normalmente dividido em dois componentes principais: custos fixos e custos variáveis. Assim, o custo final total obtido foi o somatório do custo de maquinário (custos fixos e variáveis), Equação 1.

$$CT = CF + CV \quad (1)$$

em que,

CT = Custo Total, R\$;

CF = Custos fixos, R\$ e

CV = Custos variáveis, R\$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram determinados modelos de regressões lineares para estimarem massa específica e índice de viscosidade das misturas entre 25 e 90°C (Tabelas 1 e 2).

Os valores encontrados para massa específica variaram entre 0,811 a 0,910 g cm⁻³. Os valores de massa específica diminuíram linearmente com o aumento da temperatura. Verificou-se que a massa específica tendeu a ser maior quando ocorreu o aumento da % de OSR e diminuiu com o aumento da temperatura.

Em relação ao índice de viscosidade, todas as misturas aquecidas até 40°C não atenderam à Portaria ANP 310 de 2001 (referente à viscosidade do OD). A faixa de viscosidade recomendada pela ANP 310 fica entre 2,5 e 5,5 cSt, a 40°C. Já as misturas aquecidas até 60 °C, somente a mistura

de 25% de OSR e 75% de OD atendeu à Portaria. Para até 90 °C, todas as misturas reduziram a viscosidade, ou seja, atenderam a faixa de viscosidade exigida pela Portaria. O aquecimento do OSR, de 40°C para 90°C, reduziu em até 90,4 % a sua viscosidade. Observou-se também que, quanto maior a % de OSR, maior a influência da temperatura na redução da viscosidade. A mistura 25% de OSR e 75% de OD foi a que apresentou poder calorífico mais próximo ao do OD, 7696,41 kcal kg⁻¹, diferença de apenas 48 kcal. A mistura de 100% de OSR apresentou o menor poder calorífico, correspondente a 83% do valor observado no OD.

TABELA 1. Equações geradas para a estimativa da massa específica das misturas

Misturas	Massa específica (MS) em g mL ⁻¹	R ²
0% de OSR e 100% de OD	MS = 0,87813753 - 0,000741962 *T(C°)	0,97
25% de OSR e 75% de OD	MS = 0,889684613 - 0,000660064 *T(C°)	0,98
50% de OSR e 50% de OD	MS = 0,90431829 - 0,000719204 *T(C°)	0,97
75% de OSR e 25% de OD	MS = 0,917667353 - 0,000720577 *T(C°)	0,97
100% de OSR e 0% de OD	MS = 0,926384364 - 0,000616545 *T(C°)	0,98

TABELA 2. Equações geradas para a estimativa do índice de viscosidade das misturas

Misturas	Índice de viscosidade (IV) em cSt	R ²
0% de OSR e 100% de OD	IV = 8,030067401 - 0,068338806)*T(°C)	99,99
25% de OSR e 75% de OD	IV = 13,59380883 - 0,129505682)*T(°C)	94,85
50% de OSR e 50% de OD	IV = 22,40514178 - 0,22931907)*T(°C)	95,28
75% de OSR e 25% de OD	IV = 38,6366593 - 0,40544873)*T(°C)	95,10
100% de OSR e 0% de OD	IV = 64,89279895 - 0,681565452)*T(°C)	95,05

Na Tabela 3 estão apresentados os valores do poder calorífico superior (PCS) das cinco misturas. A mistura 25% de OSR e 75% de OD foi a que apresentou poder calorífico mais próximo ao do OD, 7696,41 kcal kg⁻¹, diferença de apenas 48 kcal. A mistura de 100% de OSR apresentou o menor poder calorífico, correspondente a 83% do valor observado no OD. A variação do poder calorífico seguiu uma ordem decrescente com relação à do OD com o aumento da % de OSR.

TABELA 3. Análise do Poder Calorífico das misturas

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

Na Tabela 4 estão representados os valores de potência corrigida para as misturas de combustíveis. Para a curva de potência, verificou-se que há interação entre as misturas, sendo que a mistura de 50% de OD e 50% de OSR foi a que apresentou menor valor em relação às demais misturas.

Nas avaliações, a potência máxima encontrada, 34 kW, foi verificada na mistura de 25% de OD e 75% de OSR. Pode-se perceber que a mudança de combustível provocou variação na potência do motor, sendo que a mistura de 50% de OD e 50% de OSR obteve, em maior parte, menor potência, comparada com as demais. Já a mistura de 100% de OD e 0% de OSR apresentou 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.

TABELA 4. Médias de potência (kW) em cada mistura

Misturas	Cargas (N)									
	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1298
M1	1,18 ^{ns}	3,89 ^{ns}	8,00 ^{ns}	12,39 ^{ns}	16,40 ^{ns}	20,37 ^{ns}	24,28 ^{ns}	28,54 ^{ns}	32,23 ^{ns}	33,99 ^{ns}
M2	1,18 ^{ns}	3,9 ^{ns}	8,06 ^{ns}	12,39 ^{ns}	16,42 ^{ns}	20,36 ^{ns}	24,24 ^{ns}	28,48 ^{ns}	32,18 ^{ns}	33,57 ^{ns}
M3	1,18 ^{ns}	3,93 ^{ns}	8,10 ^{ns}	12,27 ^{ns}	16,21 ^{ns}	16,66 ^{ns}	24,00 ^{ns}	28,14 ^{ns}	32,80 ^{ns}	32,63 ^{ns}
M4	1,18 ^{ns}	4,00 ^{ns}	8,32 ^{ns}	12,48 ^{ns}	16,55 ^{ns}	20,54 ^{ns}	24,50 ^{ns}	28,88 ^{ns}	32,55 ^{ns}	34,10 ^{ns}
M5	1,28 ^{ns}	4,27 ^{ns}	8,47 ^{ns}	12,64 ^{ns}	16,72 ^{ns}	20,75 ^{ns}	24,70 ^{ns}	29,07 ^{ns}	32,78 ^{ns}	31,10 ^{ns}

M1 = 100% de OD e 0% de OSR; M2 = 75% de OD e 25% de OSR; M3 = 50% de OD e 50% de OSR; M4 = 25% de OD e 75% de OSR; M5 = 0% de OD e 100% de OSR; As médias seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula, numa mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ^{ns} = não significativo.

Na Tabela 5 estão representados os valores de consumo específico corrigido para as 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 observar 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 e 0% OSR a 586 RPM, utilizando-se uma carga de 881 N.

TABELA 5. Médias do consumo específico para diferentes misturas

Misturas	Cargas (N)									
	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1298
M1	1459 d	553 b	371 b	320 b	284 b	269 c	261 b	266 b	289 b	338 b
M2	1437 d	552 b	379 b	321 b	288 b	272 c	266 b	274 b	296 b	344 b
M3	1531 c	578 b	393 b	325 b	296 b	383 b	279 b	288 b	307 b	348 b
M4	1628 b	614 b	418 b	346 b	313 b	295 c	288 b	293 b	312 b	337 b
M5	2600 a	963 a	624 a	523 a	474 a	451 a	449 a	458 a	499 a	531 a

M1 = 100% de OD e 0% de OSR; M2 = 75% de OD e 25% de OSR; M3 = 50% de OD e 50% de OSR; M4 = 25% de OD e 75% de OSR; M5 = 0% de OD e 100% de OSR; As médias seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula, numa mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A variação do torque do motor, de acordo com as misturas, pode ser verificada na Tabela 6. Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, verificou-se que houve diferença significativa entre as misturas, quando se utilizaram as três últimas cargas: 1045, 1192 e 1290 N. A mudança de combustível provocou variação no torque do motor, sendo que a mistura de 100% de OD e 0% de OSR apresentou o maior valor.

TABELA 6. Médias do torque para diferentes misturas

Misturas	Cargas (N)									
	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290
M1	18,33 ^{ns}	60,81 ^{ns}	126,75 ^{ns}	197,96 ^{ns}	263,95 ^{ns}	329,94 ^{ns}	395,93 ^{ns}	469,9 ^a	535,90 ^a	579,89 ^a
M2	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 ^{ab}
M3	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 ^{ab}
M4	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 ^b
M5	19,5 ^a	65,58 ^a	131,16 ^a	196,74 ^a	262,32 ^a	327,9 ^a	393,48 ^a	467,01 ^{ab}	532,60 ^{ab}	576,32 ^{ab}

M1 = 100% de OD e 0% de OSR; M2 = 75% de OD e 25% de OSR; M3 = 50% de OD e 50% de OSR; M4 = 25% de OD e 75% de OSR; M5 = 0% de OD e 100% de OSR; As médias seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula, numa mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ^{ns} = não significativo.

O custo operacional do trator utilizado foi estimado em R\$ h⁻¹ para 1000 horas efetivamente trabalhadas por ano. Os valores utilizados para a estimativa dos custos podem ser visualizados na tabela 7.

TABELA 7. Valores utilizados nos cálculos do custo operacional

Itens	Valores
Valor de aquisição (R\$)	20000,00
Vida útil (anos)	5
Taxa de juros (aa%)	10
Horas de trabalho anual	1000
Valor de sucata (R\$)	2000,00
Óleo lubrificante (R\$ L ⁻¹)	14,00
Custo do OD (R\$ L ⁻¹)	2,70
Custo do OSR (R\$ L ⁻¹)	0,50
Misturas utilizadas	Custo por litro de mistura (R\$)
100% de OD e 0% de OSR	2,70
75% de OD e 25% de OSR	2,15
50% de OD e 50% de OSR	1,6
25% de OD e 75% de OSR	1,05
0% de OD e 100% de OSR	0,50

Aplicando-se a metodologia de Pacheco (2000) obteve-se o custo fixo operacional (tabela 8). Os custos estão apresentados com os valores acumulados ao final de cada ano de trabalho e por hora de acordo com a vida útil estimada do trator.

TABELA 8. Custo fixo operacional do trator agrícola

Vida Útil (ano)	Custos Fixos				
	1	2	3	4	5
Depreciação (R\$ ano ⁻¹)	3600,00	3600,00	3600,00	3600,00	3600,00
Juros (R\$ ano ⁻¹)	1100,00	1100,00	1100,00	1100,00	1100,00
ISA (R\$ ano ⁻¹)	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Total (R\$ h ⁻¹)	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10
Total (US\$ h ⁻¹)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Total (R\$ ano ⁻¹)	5100,00	5100,00	5100,00	5100,00	5100,00
Total (US\$ ano ⁻¹)	2090,87	2090,87	2090,87	2090,87	2090,87

Observa-se que os custos fixos são iguais para todos os anos independentes da carga ou da mistura de combustível utilizado na estimativa. A maior parte dos custos fixos é representada pela depreciação que representa 71% dos custos fixos. Os valores dos componentes dos custos variáveis para a mistura com proporção de 100% de OD podem ser observados na tabela 9.

TABELA 9. Estimativa dos custos variáveis para mistura com 100% de OD em função das cargas

Cargas (N)	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290
Combustível										
Consumo de Combustível (L h ⁻¹)	1,99	2,49	3,43	4,59	5,39	6,35	7,34	8,79	10,79	13,31
Valor da Mistura (R\$ 2,70 L ⁻¹)	5,38	6,73	9,28	12,40	14,57	17,14	19,82	23,75	29,14	35,94
Custo de combustível (R\$ ano)	5387,09	6731,19	9287,12	12406,19	14574,01	17145,90	19829,25	23754,87	29145,75	35948,84
Lubrificante										
Consumo de Lubrif. = 2% do Consumo de Combustível (L h ⁻¹)	0,039	0,049	0,068	0,091	0,107	0,127	0,146	0,175	0,215	0,266
Valor do Óleo lubrificante (R\$20,00)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Custo do Óleo Lubrificante (R\$ h ⁻¹)	0,79	0,99	1,37	1,83	2,15	2,54	2,93	3,51	4,31	5,32
Custo do Óleo Lubrificante (R\$ ano ⁻¹)	798,09	997,21	1375,87	1837,95	2159,11	2540,13	2937,67	3519,24	4317,89	5325,75
Manutenção										
Manutenção (R\$ h ⁻¹)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Manutenção (R\$ ano ⁻¹)	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00
Mão de obra										
Salário de R\$724,00 mês (R\$ h ⁻¹)	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98	13,98
Salario do operador (R\$ ano ⁻¹)	13986,4	13986,4	13986,4	13986,4	13986,4	13986,4	13986,4	13986,4	13986,4	13986,4

Observa-se que o custo do combustível e a estimativa do óleo lubrificante, são os fatores que sofrem maior variação devido à mudança de carga. Na tabela 10 são apresentadas as estimativas do custo total em 5 anos (vida útil) de cada mistura em cada carga aplicada pelo dinamômetro.

TABELA 10. Custo total em 5 anos para cada mistura e para cada carga aplicada

Custos total para mistura com proporção de 100% de OD em 5 anos de vida útil										
Cargas (N)	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290
Total (R\$ h ⁻¹)	29,27	30,81	33,74	37,33	39,81	42,77	45,85	50,36	56,54	64,36
Total (R\$)	146357,71	154073,83	168746,75	186652,52	199097,46	213861,99	229266,38	251802,36	282749,99	321804,79
Custos total para mistura com proporção de 75% de OD em 5 anos de vida útil										
Cargas (N)	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290
Total (R\$ h ⁻¹)	28,02	29,36	31,97	34,66	36,84	39,20	41,85	45,79	50,80	56,69
Total (R\$)	140106,68	146839,2	159883,71	173306,99	184246,58	196018,38	209259,33	228986,88	254041,54	283476,87
Custos total para mistura com proporção de 50% de OD em 5 anos de vida útil										
Cargas (N)	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290
Total (R\$ h ⁻¹)	27,16	28,20	30,26	32,07	33,90	37,47	38,18	41,36	45,79	48,69
Total (R\$)	135803,72	141046,84	151328,3	160399,68	169538,27	187384,68	190939,26	206820,18	228981,66	243479,18
Custos total para mistura com proporção de 25% de OD em 5 anos de vida útil										
Cargas (N)	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290
Total (R\$ h ⁻¹)	26,17	27,034877	28,67	30,02	31,41	32,82	34,43	36,69	39,41	41,56
Total (R\$)	130874,11	135174,38	143387,81	150142,72	157072,48	164139,53	172151,5	183452,35	197067,65	207807,9
Custos total para mistura com proporção de 0% de OD em 5 anos de vida útil										
Cargas (N)	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290
Total (R\$ h ⁻¹)	26,35	27,12	28,27	29,57	30,86	32,27	33,97	36,15	39,14	39,29
Total (R\$)	131766,9	135615,11	141373,96	147879,72	154332,08	161365,64	169867,19	180782,24	195719,22	196489,25

Observa-se mudança dos valores totais ao longo da vida útil do trator conforme a alteração das misturas e das cargas aplicadas ao trator. Na tabela 11 esta demonstrada a porcentagem de variação dos valores em relação ao custo quando se utiliza somente a mistura com proporção de 100% de OD com combustível.

TABELA 11. Porcentagem da variação dos valores (lucro) em relação ao custo quando se utiliza 100% de OD como combustível

Custos total (R\$) para mistura com proporção de 100% de OD em 5 anos de vida útil										
Cargas (N)	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290
Total (R\$)	146357,71	154073,83	168746,75	186652,52	199097,46	213861,99	229266,38	251802,36	282749,99	321804,79
Diferença percentual dos valores utilizando misturas de proporção com OSR em relação ao uso de 100% OD										
Cargas (N)	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290
25% de OSR	4,27	4,69	5,25	7,14	7,45	8,34	8,72	9,06	10,15	11,91
50% de OSR	7,21	8,45	10,32	14,06	14,84	12,38	16,71	17,86	19,01	24,33
75% de OSR	10,57	12,26	15,02	19,56	21,10	23,24	24,912	27,14	30,30	35,42
100% de OSR	9,96	11,98	16,22	20,77	22,48	24,54	25,90	28,20	30,78	38,94
Diferença dos valores correspondente a cada porcentagem das misturas com proporção de OSR em relação ao uso de 100% de OD										
Cargas (N)	44	147	294	440	587	734	881	1045	1192	1290
25% de OSR	6251,03	7234,62	8863,04	13345,53	14850,88	17843,61	20007,05	22815,47	28708,44	38327,92
50% de OSR	10553,99	13026,98	17418,44	26252,83	29559,19	26477,31	38327,12	44982,17	53768,32	78325,61
75% de OSR	15483,60	18899,44	25358,94	36509,79	42024,98	49722,46	57114,87	68350,00	85682,33	113996,89
100% de OSR	14590,81	18458,71	27372,78	38772,79	44765,37	52496,35	59399,19	71020,11	87030,76	125315,54

Percebe-se que à medida que se aumenta a carga aplicada e o aumento da concentração de OSR nas misturas, ocorre uma variação nos valores, demonstrando uma economia no custo em 5 anos da vida útil do trator podendo variar de R\$ 6251,03 a R\$125315,54. Observa-se nos valores

marcados a economia que o uso das misturas proporciona em relação à utilização do OD, essa economia representa aproximadamente o valor de aquisição do trator em estudo.

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% de OD com 75% de OSR, porém este valor não foi significativamente diferente do obtido com as misturas de 25, 50 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. A medida que se aumenta a carga aplicada e o aumento da concentração de OSR nas misturas, ocorre diminuição dos custos, demonstrando uma economia no custo em 5 anos da vida útil do trator.

A utilização das misturas de OD com OSR são viáveis economicamente, principalmente quando o trator é submetido a cargas mais elevadas.

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.

CARVALHO, J.A.; SIQUEIRA, W.C.; ABRAHÃO, S. A.; ROMANO, L. R. **Caracterização do óleo de soja reutilizado submetido a três processos de limpeza**. 2013. Trabalho apresentado no 6° Simpósio Nacional de Biocombustíveis, Canos, 2013.

FARIA I. D. (2010). **Aspectos físico-químicos e ambientais dos combustíveis**. Centro de Estudos e da Consultoria do Senado. Distrito Federal. (Textos para Discussão 73.) p.6. ISSN 1983-0645.

FENDER TR (2009) Por que usar puro óleo vegetal como combustível?. Disponível em: <[http://www.viajus.com.br/viajus.php? pagina=artigos&id=16](http://www.viajus.com.br/viajus.php?pagina=artigos&id=16)>. Acessado em: 22 de julho de 2009.

PACHECO E.P, Seleção e custo operacional de maquinas agrícolas. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21p. (Embrapa Acre. Documentos, 58).

VIDAL J. W. B. (2009). **Heranças do petróleo. In: Uczai P (Ed.). Inevitável Mundo Novo: a relação entre energias renováveis, produção de alimentos e o futuro do planeta**. Chapecó, Pallotti. 376p.