
DESEMPENHO DE UM TRATOR AGRÍCOLA UTILIZANDO BIODIESEL EM DUAS VELOCIDADES NA SEMEADURA

CORTEZ, Jorge Wilson¹
FURLANI, Carlos Eduardo Angeli²
SILVA, Rouverson Pereira da²
LOPES, Afonso²
CARVALHO FILHO, Alberto³
DABDOUB, Joaquim Miguel⁴

RESUMO: A demanda por tecnologia mais limpa faz com que o uso do biodiesel aumente rapidamente, assim faz-se necessário o estudo desse novo combustível. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o consumo de combustível na operação de semeadura em duas velocidades (3,6 e 6,6 km h⁻¹) com o trator trabalhando com biodiesel (B5) etílico destilado de óleo residual de soja. Utilizou-se o delineamento inteiramente ao acaso (DIC) constando de duas velocidades e 12 repetições perfazendo no total 24 observações. Os parâmetros analisados foram: força na barra de tração, a potência requerida, o consumo de energia, consumo de combustível horário, ponderal, operacional e específico. A maior velocidade resultou em menor força na barra de tração, maior potência requerida e menor consumo de energia. Ficou evidenciado que o aumento da velocidade na operação de semeadura ocasionou aumento no consumo horário volumétrico e ponderal. O consumo específico foi modificado com o aumento da velocidade. O consumo operacional de combustível foi menor com o aumento da velocidade.

Palavras-chave: Consumo horário. Potência. Óleo de soja

PERFORMANCE IN TRACTOR USING BIODIESEL IN TWO SPEEDS IN THE SOWING

SUMMARY: The demand for cleaner technologies does with that the use of the biodiesel increases quickly, it is done like this necessary the study of that new fuel. The objective of the present work was to evaluate the consumption of fuel in the sowing operation in two speeds (3.6 and 6.6 km h⁻¹) with the tractor working with biodiesel (B5) ethyl distilled oil of soybean. The design was completely randomized consisting of two speeds and 12. The analyzed parameters were: drawbar force, power, the consumption of energy, consumption of hourly fuel, operational and specific. The largest speed resulted in smaller drawbar force, larger requested potency and smaller consumption of energy. It was evidenced that the increase of the speed in the sowing operation caused increase in the consumption hourly. The specific consumption was modified with the increase of the speed. The operational consumption of fuel was smaller with the increase of the speed.

Keywords: Consumption hourly. Power. Oil of soybean

1 Eng. Agrônomo, M. Sc., Doutorando (Produção Vegetal), UNESP/Jaboticabal (SP). jorge.cortez@posgrad.fcav.unesp.br

2 Eng. Agrônomo, Prof. Dr., UNESP/Jaboticabal (SP).

3 Eng. Agrônomo, Prof. Dr., FAZU (Uberaba - MG) e FAFRAM (Ituverava - SP).

4 Químico, Prof. Dr., USP/Ribeirão Preto (SP).

INTRODUÇÃO

O Brasil é o único país no mundo com áreas agricultáveis para plantio de matérias primas necessárias a produção do biodiesel, além de possuir tecnologia de ponta para processamento na agroindústria (JAKUBASZKO, 2006). O mesmo autor cita que o uso é tão benéfico de biodiesel no diesel que o país em 2006 começou a usar 2% na mistura, mas espera-se rapidamente por mudanças que aumentem essa proporção. A mistura de 2% gera um consumo de 800 milhões de litros anuais. Mas afirma ainda que o Brasil está atrasado, pois na Europa já se utiliza 50% de mistura e até 100% de biodiesel.

Silveira (2006) define o biodiesel como sendo, um substituto do petróleo, produzido de fontes alternativas, oleaginosas e gorduras animais, por exemplo. Sua fabricação, afirma o autor, é uma reação desses óleos com metanol ou etanol (álcool de cana), juntamente com um catalisador, acelera a reação, dando origem ao biodiesel e à glicerina. Essa última é a que não permite o uso de óleo bruto direto nos motores agrícolas.

O biodiesel de óleos vegetais tem em média 11% de oxigênio na molécula, sendo menos poluente, embora isso cause um menor poder calorífico (poder de combustão menor), pois o oxigênio não gera energia, sendo essa obtida das ligações de carbono-carbono (BELTRÃO, 2005). Esse fato faz com que o biodiesel apresente maiores consumos e mesmo menores potências se comparado ao diesel.

Assim, existem poucos estudos com o uso do biodiesel, mas pode-se comparar os dados de B5 com diesel sem nenhum problema. Nesse enfoque Silva e Benez (2001) avaliando o desempenho do conjunto trator-semeadora em um Latossolo Bruno distrófico, argiloso, sob plantio direto em função de duas velocidades de deslocamento do trator de 75,8 kW (103 cv), concluíram que quando se altera a velocidade, a força de tração não sofre influência da mesma.

Devido a necessidade do uso do biodiesel no Brasil diversas pesquisas foram feitas no intuito de comparar o consumo do biodiesel, assim, Lopes et al. (2005) verificaram um consumo horário de biodiesel (B5) de 11,7 L h⁻¹, e de 9,3 kg h⁻¹. Os mesmos autores confirmam que não há aumento de consumo quando passa de B0 (0% de biodiesel) para B5 (5% de biodiesel).

Oliveira e Costa (2002) afirmam que as misturas de biodiesel ao diesel demonstram o potencial dessa tecnologia, obtendo indicações de até a proporção de 20% de biodiesel demonstrou-se viável tecnicamente.

Mahl et al. (2004) trabalhando em um Nitossolo Vermelho distrófico com trator de 88,3 kW (120 cv) e semeadora em função da velocidade de deslocamento (4,4; 6,1 e 8,1 km h⁻¹), observaram que ocorre aumento da força na barra de tração (8,6 kN), potência no motor (19,5 kW) e da capacidade de campo efetiva (2,2 ha h⁻¹) com o aumento da velocidade.

Pressupõe-se que a potência requerida na operação de semeadura seja alterada pela velocidade de deslocamento e que o consumo de energia tende a ser maior em menores velocidades, devido o tempo de se trabalhar em um hectare. E também que o aumento da

velocidade possa ocasionar aumentos no consumo de combustível horário, podenral e específico, enquanto que o consumo operacional tende a diminuir.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o requerimento de potência, o consumo de energia e o consumo de combustível na operação de semeadura em duas velocidades (3,6 e 6,6 km h⁻¹) com o trator trabalhando com biodiesel (B5) etílico destilado de óleo residual de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP) da UNESP, Campus de Jaboticabal, no Estado de São Paulo (Brasil), e conduzido pelo Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), do Departamento de Engenharia Rural. A área experimental foi localizada nas coordenadas geodésicas de 21°15' latitude Sul e 48°18' longitude Oeste, com altitude média de 570 m ocupando uma área de aproximadamente 1,5 ha, que estava sob sistema plantio direto.

No local onde foi conduzido o experimento o solo é classificado pela EMBRAPA (1999) como Latossolo Vermelho Eutroférico típico, textura argilosa (55%), areia (20%) e silte (25%), A moderado caulínítico vídeco, sendo o clima Cwa de acordo com a classificação de Koeppen, ou seja, subtropical úmido, com estiagem no período do inverno.

O trator utilizado foi o Valtra BM100, 4 x 2 TDA (tração dianteira auxiliar), 73,6 kW (100 cv) de potência no motor, com 2000 rotações no motor. Apresentava massa de 5.400 kg (40% dianteiro e 60 % traseiro), pneus dianteiros de 14.9 – 24 R1 com 3,8 m de perímetro e pressão de inflagem de 18 psi (124 KPa), e pneus traseiros de 23.1 – 26 R1 com 4,9 m de perímetro e pressão de inflagem de 22 psi (152 KPa). O trator foi abastecido com biodiesel etílico destilado de óleo de soja obtido da LADETEL/USP de Ribeirão Preto, na proporção de 5% de biodiesel no diesel.

Para aderir o tempo de cada parcela foi utilizado um sistema de aquisição de dados descrito por Furlani, Lopes e Silva (2005), o qual dispunha de cronômetro interno com precisão de centésimos de segundos sendo um micrologger CR23X de marca CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. Os dados posteriormente foram descarregados com programa específico (PC 208W 3.2 - Datalogger Support Software) a um microcomputador convencional via cabo onde eram construídas planilhas eletrônicas.

A força de tração foi obtida por meio de uma célula de carga de 10.000 kgf fabricada por M. SHIMIZU, modelo TF 400 com temperatura de utilização de -20 a 80° C com alimentação recomendada de 10 a 12 Vcc.

Para mensurar a velocidade instantânea foi utilizada uma unidade de radar localizada na lateral direita do trator, tipo RVS II, com inclinação de 45° em relação ao solo. O tempo de cada parcela foi coletado por meio do sistema de aquisição de dados, o qual dispõe de cronômetro interno com precisão de centésimos de segundos.

Para medir o consumo de combustível foi utilizado um protótipo, construído e descrito

por Lopes, Furlani e Silva (2003), ligado automaticamente com o acionamento do sistema de aquisição de dados e precisão de 1 mL. A temperatura do combustível foi obtida com equipamento S&E Instrumentos de Testes e Medições LTDA, modelo SSRP-C ME 6446/02 PT100 com precisão de 0,01°C.

Semeadora-adubadora de precisão Marchesan, modelo Cop Suprema, com sete fileiras de semeadura, dotada de disco de corte para palhada de 18”(45,7 cm), haste sulcadora de adubo com as seguintes características: 2,7 cm de espessura da ponteira, 1,0 cm de espessura da haste, distância do disco de corte a haste de 12 cm, relação entre a altura e comprimento da ponteira (H/L) de 1,06 e ângulo de ataque de 20°; disco duplo desencontrado de 16” (40,6 cm) para deposição da semente. A máquina possui distribuidor de sementes pneumático, sendo utilizado disco de sementes de 64 furos. A distribuição de adubo foi realizada por mecanismo helicoidal. O depósito de adubo possui capacidade para 1310 kg e o de semente de 200 kg, tendo a semeadora-adubadora 3070 kg de massa, trabalhando com 665 kg de adubo na operação de semeadura.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com dois tratamentos e com 12 repetições. Sendo as velocidades ($V_1 = 3,6 \text{ km h}^{-1}$ $V_2 = 6,6 \text{ km h}^{-1}$). As parcelas possuíam 25 m de comprimento por 3,6 m de largura com 15 m de intervalo entre parcela para realização de manobras.

Para o cálculo da potência total (PB) demandada pelo trator na operação de semeadura utilizou-se a Eq. 1.

$$B = F \cdot v \quad (1)$$

em que,

PB: potência na barra de tração (kW);

FT: força média de tração na barra (kN); e

V: velocidade real de deslocamento (m s^{-1}).

O consumo de energia por área trabalhada foi obtido pela Eq. 2, descrita por Siqueira e Gamero (2000).

$$Cea = B \cdot Tef \quad (2)$$

em que,

Cea: consumo de energia por área trabalhada (kW h ha^{-1}),

PB: potência na barra de tração (kW), e

Tef: tempo efetivo (h ha^{-1}).

Para o cálculo do consumo de combustível horário (Ch), empregou-se a Eq. 3.

$$Ch = \frac{C \cdot 3,6}{t} \quad (3)$$

em que,

Ch é o consumo horário ($L h^{-1}$);
 C é o volume consumido (mL);
 t é o tempo de percurso na parcela (s); e
 $3,6$ é o fator de conversão.

Para o cálculo do consumo de combustível operacional (Co), empregou-se a Eq. 4.

$$C = \frac{Ch}{Cct} \quad (4)$$

em que,

Co é o consumo operacional ($L ha^{-1}$);
 Ch é o consumo horário ($L h^{-1}$); e
 Cct é a capacidade de campo teórica ($ha h^{-1}$).

Para o cálculo do consumo de combustível ponderal (Chp), empregou-se a Eq. 5.

$$Chp = \frac{Chv \cdot DC}{1000} \quad (5)$$

em que,

Chp é o consumo ponderal, ($kg h^{-1}$),
 Chv é o consumo horário ($L h^{-1}$);
 DC é a densidade do combustível ($g L^{-1}$) e equação de regressão ($DC = 851,04 - 0,6970 T$), onde T é a temperatura do combustível ($^{\circ}C$), obtida por Grotta (2003), com R^2 de 0,97, e
 1000 é o fator de transformação.

Para o cálculo do consumo de combustível específico (CE), empregou-se a Eq. 6.

$$CE = \frac{DC \cdot C}{P} \quad (6)$$

em que,

CE é o consumo específico ($g kW h^{-1}$);
 DC é a densidade do combustível ($g L^{-1}$);
 C é o consumo horário ($L h^{-1}$); e
 PB é a potência (kW).

Os dados obtidos foram tabelados e submetidos à análise de variância no teste F (Fisher) (PIMENTEL-GOMES, 1987), utilizando programa para microcomputador ESTAT (Sistema

para Análises Estatísticas, v. 2.0), desenvolvido pelo Departamento de Ciências Exatas da UNESP – de Jaboticabal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 pode-se observar a síntese da análise de variância para força de tração na barra, potência na barra e o consumo de energia, apresentando também as médias referentes a cada velocidade de deslocamento.

A força de tração diminuiu com o aumento da velocidade em 20%, o que não era de se esperar, pois a velocidade não é um parâmetro que define força de tração. Esse fato pode-se explicar pelo efeito de flutuação da semeadora, pois diminuindo a profundidade de deposição de adubo pode ocorrer variação da força, já que a profundidade é um parâmetro que define a força. Silva e Benez (2001), afirmam que quando se altera a velocidade, a força de tração deve permanecer constante, o que não aconteceu nesse experimento.

Diferentemente da força de tração, a potência na barra é influenciada diretamente pela velocidade, apresentando aumento de 31% na potência com o aumento da velocidade de 3,6 para 6,6 km h⁻¹, ou seja, 45,5% de variação na velocidade. Esse fato foi também evidenciado por Mahl et al. (2004) em que o aumento de velocidade ocasiona grande requerimento de potência pela trator na operação de semeadura.

O consumo de energia é um parâmetro que envolve a potência e o tempo efetivo, ou seja, horas por hectare, assim, pode-se observar na Tabela 1, que o aumento na velocidade, ocasionou diminuição no consumo de energia de 18,9%. Marques e Benez (2000) observaram consumo de energia no plantio direto de 6,3 kW h ha⁻¹

Tabela 1. Síntese da análise de variância para força de tração, potência e consumo de energia utilizando B5.

Fatores	Força de Tração kN	Potência kW	Consumo de energia kW h ha ⁻¹
Velocidades			
3,6	17,3 A	17,6 B	13,2 A
6,6	13,9 B	25,5 A	10,7 B
Teste F			
Velocidade	24,1**	51,7**	22,6**
Média Geral	15,6	21,5	12,0
Erro padrão da média	0,5	0,8	0,4
C.V.	11,0	12,5	10,7

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo Teste de F, NS: não significativo (P>0,05); *: significativo (P≤0,05); **: significativo (P≤0,01), C.V.: coeficiente de variação (%).

Observando os dados de força de tração desse experimento e o cálculo da potência pode-se notar pela Figura 1, que existe uma relação direta entre esse parâmetro, podendo relacioná-los por meio de uma equação de primeiro grau. Essa equação pode muito bem ser utilizada para

obter os dados de potência no uso do biodiesel, pois apresenta coeficiente de determinação de 90%, ou seja, essa equação expressa noventa por cento desse fenômeno.

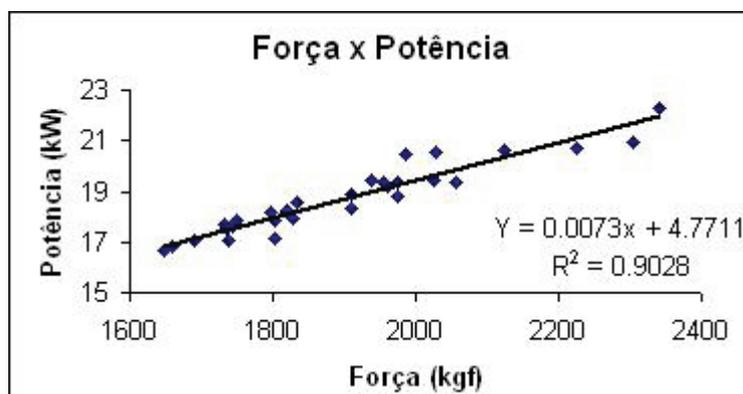


Figura 1. Força de tração e potência relacionados com dados de semeadura com B5

Na Tabela 2 são apresentados os dados do consumo de combustível em função das duas velocidades de deslocamento na operação de semeadura, juntamente com os dados da síntese da análise de variância.

Somente para o consumo específico pode-se indicar a média como referência já que o teste de F não foi significativo e assim pode-se dizer 415 g kW h^{-1} expressa o comportamento das duas velocidades. Esse é um parâmetro utilizado para comparação de tratores com motores diferentes, ou melhor, potências diferentes já que esse parâmetro está contido em sua fórmula. Pode ocorrer também de o consumo específico ser significativo quando os tratamentos apresentam resultados de potência muito discrepantes, o que não foi o caso desse experimento.

Os demais consumos foram afetados pelas velocidades de deslocamento, e o consumo horário indicou que há aumento de 23,5% com o aumento da velocidade de 3,6 para 6,6 km h^{-1} . Considerando o aumento de velocidade de 54,5%, era de se esperar maiores valores de consumo, o que não foi observado. Resultados similares foram encontrados por Lopes et al. (2005) trabalhando com esse mesmo conjunto na operação de semeadura, com velocidade que faz referência a maior do atual experimento, encontrando $11,7 \text{ L h}^{-1}$ e $9,3 \text{ kg h}^{-1}$, para consumo horário e ponderal, respectivamente.

Cortez et al. (2005) trabalhando com esse mesmo conjunto com diesel puro, encontraram consumo horário de 15 L h^{-1} com velocidade de 6 km h^{-1} , demonstrando maior consumo com diesel do que com biodiesel.

O consumo ponderal de combustível (kg h^{-1}) apresentou aumento de 23,2% com o aumento da velocidade. É um fator representativo do consumo de combustível expresso em massa, pois em função da temperatura o biodiesel pode aumentar ou diminuir de volume durante o dia, mas a massa (kg) sempre será a mesma.

O consumo de combustível operacional, ou conhecido também de consumo por área trabalhada, expressa quantos litros foram gastos para trabalhar um hectare. Nesse aspecto, o consumo foi maior com a menor velocidade, visto que, é necessário maior tempo de trabalho em

baixas velocidades para realizar a operação de semeadura em um hectare. Assim, com o aumento da velocidade diminuiu-se 16,0% no consumo de combustível por hectare. Os resultados para os consumos de combustível operacional concordam com Mahl et al. (2004) onde os menores consumos foram nas maiores velocidades.

Tabela 2. Síntese da análise de variância para consumo de combustível horário volumétrico (Ch), operacional (Cho), consumo ponderal (Chp) e específico (CE)

Fatores	Ch L h ⁻¹	Cho L ha ⁻¹	Chp kg h ⁻¹	CE G kW h ⁻¹
Velocidades				
3,6	9,1 B	12,0 A	7,6 B	432 A
6,6	11,9 A	10,1 B	9,9 A	399 A
Teste F				
Velocidade	81,5**	22,8**	85,4**	1,9 ^{NS}
Média Geral	10,5	11,1	8,7	415
Erro padrão da média	0,2	0,3	0,2	17
C.V.	7,2	8,7	7,1	14

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo Teste de F.^{NS}: não significativo (P>0,05); *: significativo (P≤0,05); **: significativo (P≤0,01), C.V.: coeficiente de variação (%).

CONCLUSÃO

O aumento da velocidade ocasiona menor força de tração pelo efeito de flutuação da semeadora. A potência na barra aumenta com a velocidade na ordem de 31%, quando a velocidade aumenta 45,5%.

O consumo de energia e operacional diminuem com o aumento da velocidade.

O aumento da velocidade ocasiona maior consumo horário e ponderal.

O consumo específico de combustível não é influenciado pelas velocidades de trabalho.

REFERÊNCIAS

BELTRÃO, N.E.M. Agronegócio das oleaginosas no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n.229, p.14-17, 2005.

CORTEZ, J.W.et al. Avaliação de uma semeadora-adubadora em plantio direto para a cultura da soja. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.13, n.4, 268-276, 2005.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999.412p.

FURLANI, C.E.A.; LOPES, A.; SILVA, R.P. Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.458-64, maio/ago 2005.

GROTTA, D.C.C. Desempenho de um trator agrícola em operação de gradagem utilizando biodiesel etílico filtrado de óleo residual como combustível. 2003 44f. Dissertação (Mestrado – Ciência do Solo), UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

JAKUBASZKO, R. Biocombustíveis. **DBO Agrotecnologia**, São Paulo, v.7, p.6-8,2006.

LOPES, A.et al. Trator funcionando com biodiesel filtrado e destilado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2, Varginha, 2005. **Anais...** Varginha: UFLA, 2005. p.899-894.

LOPES, A.; FURLANI, C.E.A., SILVA, R.P. Desenvolvimento de um protótipo para medição do consumo de combustível em tratores. **Revista Brasileira de Agroinformática**, Lavras, v.5, n.1, p.24-31, 2003.

MAHL, D.et al. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.150-157, 2004.

MARQUES, J.P.; BENEZ, S.H. Manejo da vegetação espontânea para a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto e preparo convencional. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.15, n.1, p.13-26, 2000.

MIRAGAYA, J.C.G. Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n.229, p.7-13, 2005.

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: Sociedade Brasileira de Energia, 2002. v.1, p.445-53.

PIMENTEL-GOMES, F. **A estatística moderna na agropecuária**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 162p.

SILVA, S.L.; BENEZ, S.H. Semeadora para plantio direto: demanda energética com diferentes mecanismos sulcadores. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.16, n.2, p.1-7, 2001.

SILVEIRA, G.M. Mecanização: economize combustível. **DBO Agrotecnologia**, São Paulo, v.7, p. 20-23, 2006.

SIQUEIRA, R.; GAMERO, C.A. Energia requerida em três sistemas de preparo do solo combinados com quatro condições de cobertura. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.15, n.3, p.1-14, 2000.