

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 10 (6)

December 2017

Article link

<http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=402&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



ISSN 2316-9281

Desempenho energético de um trator em função do escalonamento de marchas e rotações do motor

Energy performance of a tractor according to the escalation of gears and engine speeds

W. G. Vale, P. H. V. Turra, T. M. Machado, J. De Marchi, P. A. C. Branco

Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Sinos

Author for correspondence: valewg@gmail.com

Resumo. Objetivou-se avaliar o desempenho energético de um conjunto trator-grade, sob diferentes combinações de marchas e rotações do motor. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, MT. O delineamento constituiu-se de blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições sendo, 1Ax1550rpm (4km h^{-1}), 5Bx1500rpm (4km h^{-1}), 5Bx1950rpm (5km h^{-1}), 1Ax2000rpm (5km h^{-1}), 6Bx1650rpm (6km h^{-1}), 2Ax1900rpm (6km h^{-1}), 2Ax2150rpm (7km h^{-1}) e 6Bx1950rpm (7km h^{-1}). Avaliou-se a patinagem do trator, o consumo horário, o consumo operacional e a capacidade de campo efetiva. A patinagem do trator não foi influenciada pela variação das combinações marcha e rotação do motor. O escalonamento de marchas e rotação do motor influenciou a capacidade de campo efetiva do conjunto e, consequentemente, o consumo operacional. O consumo horário de combustível é menor quando se trabalha com a marcha 6B e 1650 rotação do motor. O consumo operacional de combustível é menor quando se trabalha com a marcha 6B e 1950 rotação do motor.

Palavras-chave: Consumo Horário, Consumo Operacional, Patinagem.

Abstract. This study aimed to evaluate the energy performance of a tractor-disk set under different combinations of speed and engine revs. The experiment was conducted at the Federal University of Mato Grosso, Sinop Campus, MT. The design consisted of randomized blocks with eight treatments and four replications being 1Ax1550rpm (4km h^{-1}), 5Bx1500rpm (4km h^{-1}), 5Bx1950rpm (5km h^{-1}), 1Ax2000rpm (5km h^{-1}), 6Bx1650rpm (6km h^{-1}), 2Ax1900rpm (6km h^{-1}), 2Ax2150rpm (7km h^{-1}) and 6Bx1950rpm (7km h^{-1}). We evaluated the tractor wheel slip, hourly consumption, operating consumption and effective field capacity. The tractor wheel slip was not influenced by the variation of combinations gear and engine speed. The escalation of gears and engine speed influenced on field capacity of the assembly and, consequently, the operating consumption. The hourly fuel consumption is lower when working with the gear 6B and 1650 engine rpm. Operating fuel consumption is lower when working with 6B march 1950 and engine speed.

Keywords: Hourly consumption, Operating Consumption, Wheel Slip.

Introdução

Uma das principais funções dos tratores agrícolas é transformar a energia contida no combustível e fornecê-la, através da barra de tração, para tracionar máquinas e implementos agrícolas. O desempenho na barra de tração de um trator depende, principalmente, da potência do motor, dos mecanismos de transmissão, da distribuição de peso sobre os rodados, da altura e

posição dos engates da barra e da superfície do solo (GABRIEL FILHO et al., 2010).

Entre os fatores que interferem na tração, a condição da superfície do solo também é importante e, dentre as propriedades do solo que afetam a eficiência de tração de um trator agrícola, pode-se mencionar a textura do solo, a umidade desse solo e as condições da superfície, dependendo da

cobertura existente sobre o solo (YANAI et al., 1999).

Na transmissão de potência do motor para a barra de tração ocorrem perdas que, dependendo das condições de operação do trator, podem atingir níveis bastante comprometedores. Estimativa da perda de potência, segundo Zoz (1987), nos diferentes mecanismos do trator e diferentes condições de solo para tratores 4 x 2 podem variar de 20% em pistas de concreto até 53% ou mais em solo cuja condição de tração é pobre (solo solto).

Gabriel Filho et al. (2004) avaliaram o desempenho operacional de um trator agrícola em área com diferentes tipos de cobertura vegetal, concluindo que a maior quantidade de matéria seca na superfície do solo tende a aumentar os índices de patinação e, assim, diminuir a eficiência de tração.

De acordo com Cordeiro (2000), a avaliação direta do desempenho de tratores em condições de campo é obtida através da instrumentação e monitoramento dos tratores, permitindo a determinação de fatores diretamente relacionados com a eficiência de trabalho do trator. O autor realizou um estudo do desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento e concluiu que estes fatores alteraram significativamente a conversão energética, a patinação e a força de tração.

A velocidade de deslocamento altera o desempenho do trator visto que afeta diretamente o consumo de combustível. Lopes et al. (2003) avaliaram o consumo de combustível de um trator em função da velocidade de trabalho e observaram que o aumento da velocidade de deslocamento reduziu o consumo específico.

A eficiência em realizar a tração depende de um complexo conjunto de fatores que envolvem a interação do rodado com o solo. Para quantificar ou prever esses mecanismos de interação rodado-solo, numerosos modelos tem sido propostos. Wismer e Luth (1974) desenvolveram uma equação largamente utilizada para prever a eficiência de tração em condições de solo para pneus de constituição diagonal. Alterações na equação de Wismer e Luth (1974) foram propostas, ao longo dos anos, por vários autores. Atualmente, a equação proposta por Brixius (1987) é a mais utilizada, sendo adotada pela American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 1999).

Durante todo o processo produtivo, do preparo do solo, passando pela implantação de uma lavoura e manejo da cultura, os aspectos mais relevantes para seu sucesso estão relacionados com o desempenho dos conjuntos mecanizados, trator/implemento. A análise operacional das operações agrícolas mecanizadas desempenha uma função fundamental para a produção em larga escala de grãos, tendo, portanto, influência direta nos custos de produção.

Neste contexto, objetivou-se avaliar o desempenho energético de um conjunto trator-grade, sob diferentes marchas e rotações do motor.

Métodos

Os ensaios foram realizados na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus Sinop, MT. As coordenadas geográficas do local são 11° 51' 58" de latitude sul e 55° 29' 50" de longitude oeste, com altitude média de 384 m.

O clima da região é do tipo tropical quente e úmido (Aw, segundo classificação de Köppen). Este tipo climático predominante do centro-norte do Estado é caracterizado pela presença de duas estações bem definidas: uma chuvosa, no período de outubro a abril e outra seca de maio a setembro, e pela pequena amplitude térmica anual, e por temperaturas e umidades elevadas: com médias anuais oscilando entre 24 °C e 27 °C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes com temperaturas máximas ao redor de 36 °C. A precipitação média anual é de 1.900 mm.

O solo da área do ensaio é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), com relevo plano e textura argilosa (Santos et al., 2006), característico da região. A área é utilizada anualmente para o cultivo de arroz.

Cada parcela experimental ocupou cerca 125 m², sendo 50 m de comprimento e 2,5 m de largura. Entre as parcelas, foi deixada, no sentido longitudinal, uma distância de 10 m, para a realização das manobras e estabilização da velocidade do conjunto trator-grade intermediária.

Foram coletadas amostras de solo em toda área de forma aleatória, para determinação do teor de água do solo, segundo o método gravimétrico padrão descrito pela EMBRAPA (1997), na profundidade de 0-0,10 m. Os valores médios de teor de água foram de 0,2804 kg kg⁻¹.

Para determinar a resistência mecânica do solo à penetração foi utilizado o penetrômetro com registro eletrônico de dados. Foi realizada a coleta de dados em cinquenta e oito pontos na área. Foram amostrados valores de resistência à penetração nas profundidades de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15; 0,15-0,20; 0,20-0,25; 0,25-0,30; 0,30-0,35 e 0,35-0,40 m, sendo os valores expressos em MPa.

Os valores médios da resistência do solo à penetração em função da profundidade são apresentados na Figura 1.

Durante o experimento a tração dianteira auxiliar foi acionada com o trator operando em condições normais, sem o bloqueio do diferencial. No trabalho utilizou-se as seguintes combinações de marchas e rotação do motor, conforme o (Quadro 1).

No trabalho de campo, utilizou-se um conjunto trator-grade média. As características técnicas do trator e da grade estão no Quadro 2.

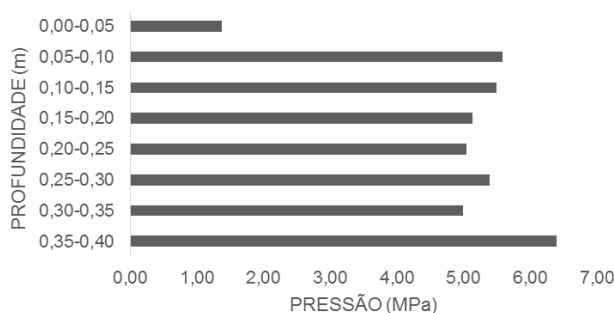


Figura 1. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa), em função de diferentes profundidades.

Quadro 1. Combinações de marchas e rotação do motor.

Velocidades (km h ⁻¹)	Marchas/Rotação do motor	
4 km h ⁻¹	1Ax1550rpm	5Bx1500rpm
5 km h ⁻¹	5Bx1950rpm	1Ax2000rpm
6 km h ⁻¹	6Bx1650rpm	2Ax1900rpm
7 km h ⁻¹	2Ax2150rpm	6Bx1950rpm

Quadro 2. Características técnicas do trator e da grade.

Trator	
Motor:	MWM Diesel
Número de cilindros:	4
Potência máxima no motor à 2300 rpm:	77,2 kW (105 cv)
Torque máximo no motor à 1500 rpm:	38 kgf.m (373 N.m)
Capacidade tanque de combustível:	94 L
Rodados dianteiros:	14.9 – 24 R1
Rodados traseiros:	18.4 – 34" R1
Bitola dianteira (mín/máx):	1655 mm / 2165 mm
Bitola traseira (mín/máx):	1430 mm / 1850 mm
Grade	
Largura de corte:	1750 mm
Diâmetro dos discos:	28"
Número de discos:	14
Espaçamento entre discos:	270 mm
Acoplamento ao trator:	Barra de tração
Potência requerida no motor:	51-58 kW (70-80 cv)
Funcionamento:	Centralizada ou deslocada
Tipo de rodado:	Rodado simples
Massa:	1600 kg

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições sendo os tratamentos as seguintes combinações de marcha e rotação de trabalho do motor, conforme descrito no (Quadro 1).

Para se encontrar o deslizamento das rodas motoras do trator seguiu-se a metodologia descrita por Gamero e Lanças (1996). Foi contado o número

de voltas que as rodas motoras (dianteira e traseira) do trator realizavam com carga (gradeando) e o número de voltas das rodas motoras sem carga. Cada dado de patinagem foi obtido deslocando-se o conjunto (trator-grade) para suas rodas completarem dez voltas. A patinagem (S) das rodas motrizes do trator foi calculada pela Equação 1.

$$S = \frac{(A_1 - A_n)}{A_1} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

em que:

- S = patinagem dos rodados motrizes do trator, %;
- A_n = avanço com carga por número de voltas, m;
- A₁ = avanço sem carga por número de voltas, m.

A condição de avanço com carga foi calculada pela relação entre a distância percorrida durante a

gradagem e o número de voltas percorridas. A condição de avanço sem carga foi calculada pela

relação entre a distância percorrida pelo trator em solo firme, condição considerada sem patinagem e o número de voltas percorridas.

A patinagem total foi obtida através da soma da patinagem do rodado dianteiro e do rodado traseiro, dividindo o valor encontrado por dois, ou seja, uma média entre a patinagem de ambos os rodados. A patinagem (S_{Total}) das rodas motrizes do trator foi calculada pela Equação 2.

A capacidade de campo efetiva (CCE) foi determinada por meio da largura útil de trabalho da grade média e sua velocidade de deslocamento medida no campo.

$$S_{Total} = \frac{(S_D + S_T)}{2} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

em que:

- S_{Total} = patinagem total rodados motrizes do trator, %;
 S_D = patinagem do rodado dianteiro, %;
 S_T = patinagem do rodado traseiro, %.

$$CCE = \frac{L \times V}{10} \quad \text{Equação 3}$$

em que:

- CCE = capacidade de campo efetiva, ha h⁻¹;
 L = largura útil de trabalho da grade, m;
 V = velocidade real de deslocamento do conjunto, km h⁻¹;
 10 = fator de conversão.

$$V_m = \frac{DS}{DT} * 3,6 \quad \text{Equação 4}$$

em que:

- V_m = velocidade real de deslocamento do conjunto, km h⁻¹;
 DS = distância percorrida, m;
 DT = intervalo de tempo, s;
 3,6 = fator de conversão.

Para determinar o consumo de combustível horário, foi utilizado o método em massa. Completou-se o tanque do trator antes de começar cada percurso nas parcelas experimentais. Ao final da parcela utilizava-se de um recipiente contendo um volume de combustível, o qual era pesado. Completava o tanque novamente e media-se o recipiente com o restante do combustível que ficava no mesmo. Pela diferença do peso inicial e do peso após completar o tanque, se tinha a massa de combustível gasto em cada parcela.

Considerando a densidade do combustível igual a 825 g L⁻¹ calculava-se o volume gasto no percurso de cada parcela experimental. A

Mediu-se no campo a largura efetiva de corte da grade média com uma trena.

Em cada ensaio, foram registrados os tempos gastos em cada percurso, para determinação da velocidade, com um cronômetro digital. Não foram considerados os tempos perdidos (tempo de manobra, tempo de reabastecimento e paradas) durante o experimento.

A capacidade de campo efetiva foi calculada pela Equação 3.

A velocidade real de deslocamento era determinada pela seguinte Equação 4.

densidade admitida foi obtida via tabela do fornecedor do combustível, que considerava as variações de temperatura ao longo do dia, visto que o experimento iniciou-se com uma determinada temperatura e ao término a condição climática já não era a mesma.

Em cada ensaio, foram registrados os tempos gastos em cada percurso, para determinação da velocidade, com um cronômetro digital. O cálculo do consumo horário foi realizado de acordo com a Equação 5.

O volume era determinado por meio da equação da densidade, de acordo com a Equação 6.

$$Ch = \frac{V}{t} * 3,6 \quad \text{Equação 5}$$

em que:

- Ch = consumo horário, L h⁻¹;
 V = volume consumido, mL;
 t = tempo de percurso na parcela, s.

$$d = \frac{m}{v} \quad \text{Equação 6}$$

em que:

- d = densidade do combustível, 825 g L⁻¹;
 m = massa de combustível em cada parcela, m;
 v = volume consumido em cada parcela, mL.

O cálculo do consumo operacional foi realizado de acordo com a Equação 7.

Os dados foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) e as médias

avaliadas pelo teste de Tukey, admitindo 5% de significância.

O programa utilizado para as análises estatísticas foi o SAEG 9.0.

$$Co = \frac{Ch}{CCE} \quad \text{Equação 7}$$

em que:

- Co = consumo operacional, L ha⁻¹;
 CCE = capacidade de campo efetiva, ha h⁻¹;
 Ch = consumo horário, L h⁻¹.

Resultados e discussão

Uma síntese do quadro de análises de variância para as características avaliadas é apresentada na Tabela 1, na qual se observa que não foram registradas diferenças estatisticamente significativas para patinagem dos rodados motrizes do trator. Variação na marcha/rotação do motor empregada durante o preparo do solo com a grade média influenciaram no rendimento do trator, quanto aos consumos horário e operacional do preparo do Latossolo Vermelho Amarelo estudado. Os baixos valores apresentados para o coeficiente de variação permitem inferir sobre a baixa variância e, conseqüentemente, sobre o elevado grau de precisão do experimento, para as variáveis consumos horário e consumo operacional. Estas variáveis podem ser classificadas, segundo Warrick e Nielsen (1980), como de baixa variação. Já a variável patinagem dos rodados motrizes do trator, com coeficiente de variação igual a 22,67%, pode ser classificada, segundo os mesmos autores, como de média variação, o que evidencia maior dispersão desta variável.

Na Figura 2 pode-se observar o efeito das várias combinações de marchas e rotação do motor sobre a variável patinagem dos rodados motrizes do trator. A menor velocidade 4 km h⁻¹ (1Ax1550rpm) proporcionou o menor índice de patinagem e a maior velocidade 7 km h⁻¹ (6Bx1950rpm) proporcionou o maior índice de patinagem. Mas não se observa uma tendência de que a patinagem aumenta com o aumento de velocidade como já

observado em outros trabalhos, relatados por MIALHE (1996), LANÇAS & UPADHYAYA (1997), GABRIEL FILHO et al. (2004), MONTEIRO (2008), VALE et al. (2014).

Os valores de patinagem estão abaixo da faixa ótima de patinagem estabelecida por MIALHE (1996) e pela ASAE (1989).

A norma ASAE EP496.2 (2003), apresenta que os patinamentos para solos sem mobilização devem ficar entre 8 a 10%, para solos revolvidos entre 11 e 13% e em solos arenosos entre 14 e 16%.

Com valores muito semelhantes, Corrêa (2003) afirma que em solo duro, a faixa ótima de patinagem fica entre 8 a 10%. Já solo firme e macio (já cultivado), varia de 10 a 13% e em solo arenoso ou solto varia de 13 a 16% para tratores 4x2.

Na Figura 3 pode-se observar o efeito das várias combinações de marchas e rotação do motor sobre a capacidade de campo efetiva do conjunto trator-grade. A capacidade de campo efetiva é função direta da variação da velocidade de deslocamento. Assim, os tratamentos com velocidade menor apresentou menor capacidade de campo efetiva (MONTEIRO, 2008, VALE et al., 2014).

O aumento da velocidade de deslocamento na operação de gradagem de 4,0 para 7,0 km h⁻¹, permitiu aumentar em 175,7% a capacidade de campo efetiva.

Tabela 1. Resumo das análises de variância (ANOVA) para se avaliar o desempenho de um trator com uma grade média, no preparo de solo.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados Médios		
		Patinagem dos Rodados (%)	Consumo Horário (L h ⁻¹)	Consumo Operacional (L ha ⁻¹)
Bloco	3	0,3996712 ^{ns}	0,7217498 ^{ns}	1,064750 ^{ns}
Marcha/Rotação	7	0,9246605 ^{ns}	10,98940*	36,27760*
Resíduo	21	1,362661	1,471993	1,759675
C.V. (%)		22,67	15,17	12,99

** Significativo pelo teste F a nível 0,01 de probabilidade

^{ns} Não significativo

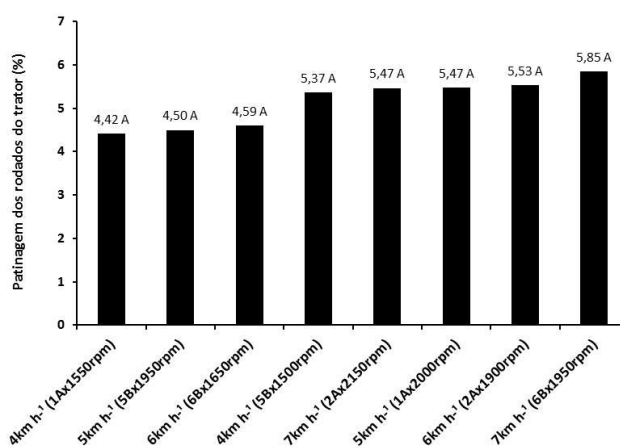


Figura 2. Efeito da rotação do motor e da marcha sobre a patinagem dos rodados motrizes em trator operando no preparo do solo com uma grade média. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

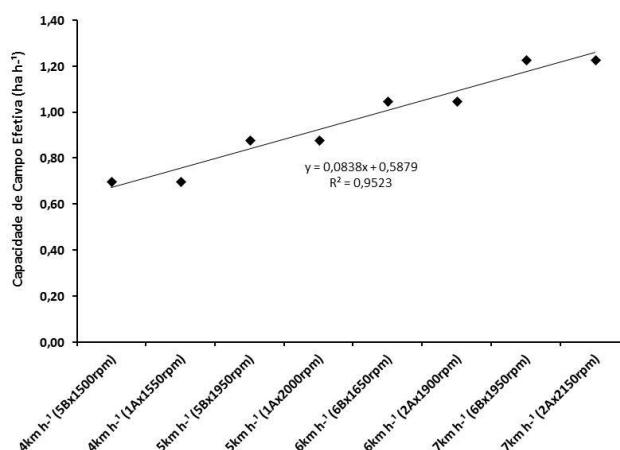


Figura 3. Capacidade de campo efetiva para os tratamentos em função da rotação do motor e da marcha.

Observou-se que os fatores marcha/rotação do motor, tiveram efeito sobre o consumo horário de combustível. Para o consumo horário a melhor combinação é a marcha 6B com 1650 rpm no motor. Já a pior combinação é a marcha 2A com 1900 rpm no motor. A diferença percentual é de 221,7% no aumento do consumo horário de combustível nestas condições (Figura 4).

O consumo operacional de combustível na operação de gradagem é apresentado na Figura 5. Verificou-se que os fatores marcha/rotação do motor, tiveram efeito sobre o consumo operacional de combustível. Para o consumo operacional a melhor combinação é a marcha 6B com 1950 rpm no motor. Já a pior combinação é a marcha 1A com 1550 rpm no motor. A diferença percentual é de 160,9% no aumento do consumo horário de combustível nestas condições.

Segundo trabalho realizado por Furlani et al. (2008), verificou que o aumento da velocidade de 3,4 para 6 km h⁻¹, houve a redução do consumo de

5,8 para 3,9 L ha⁻¹. E que o solo preparado com escarificador proporcionou maior consumo operacional em L ha⁻¹, quando comparado ao solo preparado com arado mais grade, sendo esse maior valor atribuído à condição de solo irregular e com microrrelevos, diferentemente do preparo convencional, em que a operação de gradagem após a aração permite melhor consolidação do solo (FURLANI et al. 2005).

Segundo Amorim et al. (2015), verificaram que o solo preparado com arado seguido pela grade houve um aumento de cerca de 18% no consumo operacional (L ha⁻¹), quando comparado a um solo que foi submetido ao processo de escarificação.

Furlani (2000) constatou que o consumo de combustível pode ser diretamente afetado pelo sistema de preparo do solo utilizado e, nesse sentido, avaliando uma semeadora de seis linhas para feijão, obteve maior consumo de combustível por área trabalhada em solo escarificado, seguido

pelo preparo convencional e plantio direto, com valores de 9,3; 7,6; e 7,1 L ha⁻¹, respectivamente.

Esta forma de operação com a qual se procura aumentar a capacidade operacional e reduzir o consumo de combustível, através da

redução da rotação do motor e da troca de marchas, é vista como muito vantajosa dentro das operações agrícolas, isso porque ao final das operações minimiza-se os custos e aumenta-se a eficiência de trabalho no campo.

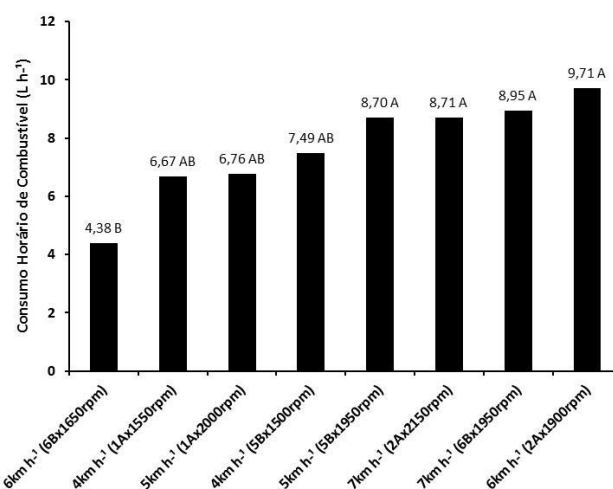


Figura 4. Efeito da rotação do motor e da marcha sobre o consumo horário em trator operando no preparo do solo com uma grade média. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

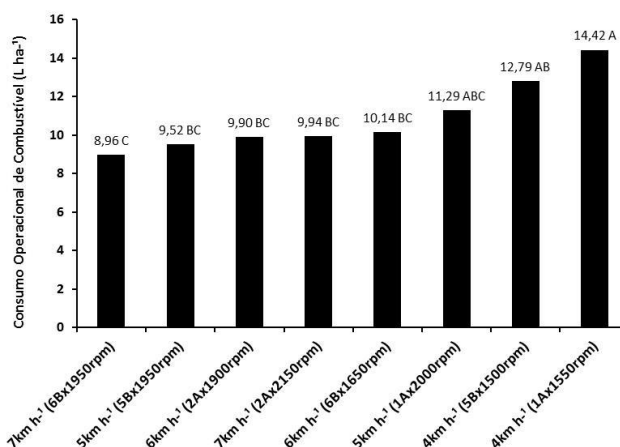


Figura 5. Efeito da rotação do motor e da marcha sobre o consumo operacional em trator operando no preparo do solo com uma grade média. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Conclusão

A patinagem dos rodados não foi afetada pela variação da combinação marcha/rotação do motor. O consumo horário de combustível foi menor quando o trator foi operado na marcha 6B a 1650 rpm. O consumo operacional de combustível foi menor quando o trator foi operado na marcha 6Ba 1950 rpm.

Referências

AMORIM, M. Q.; CHIODEROLI, C. A.; MENDONÇA, C. de A.; QUEIROZ, R. F. de., MONTEIRO, L. de A. Consumo de combustível de um conjunto trator- semeadora em função do preparo de solo e escalonamento de marchas. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 44. 2015. São Pedro-SP, Anais... São Pedro-SP, 2015.

ASAE.American Society of Agricultural Engineers. ASAE S209.5: Agricultural tractor test code. In: ASAE standards 1989: standards engineering practices data. St. Joseph: ASAE, 1989, p. 44-48.

ASAE.American Society of Agricultural Engineers. ASAE EP 496.2 DEC99: Agricultural Machinery Management. In: ASAE Standards: standards engineering practices data. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1999. p.353-358.

- ASAE. American Society of Agricultural Engineers. ASAE EP 496.2 FEB03. In: ASAE Standards: standards engineering practices data. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 2003. p. 366-372.
- BRIXIUS W. W. Traction prediction equation for bias ply tires. St. Joseph, Michigan: ASAE.1987 (ASAE Paper, 83-1067).
- CORDEIRO, M. A. L. Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento. Botucatu, UNESP-FCA, 2000. 153p. Tese (Doutorado em Agronomia - AC Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 2000.
- CORRÊA, I. M.; YANAI, K.; MAZIERO, J.V. G.; LANÇAS, K. Determinação da circunferência de rolamento de pneus agrícolas utilizando dois métodos: manual e eletrônico. *Bragantia*, Campinas, v. 58, n. 1, p. 179-184, 1999.
- CORRÊA, I. M. Com peso certo. *Revista Cultivar Máquinas*, Pelotas, v. 1, n. 22, p.10-11, jul./ago. 2003.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 1997. Manual de métodos de análise de solos. Embrapa. Rio de Janeiro, 212 p.
- GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K. P.; LEITE, F.; ACOSTA, J. J. B.; JESUINO, P. R. Desempenho de trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.3, p.333-339, 2010.
- FURLANI, C. E. A. Efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). 2000. 221 p. Tese (Doutorado em Agronomia /Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Exigências de uma semeadora-adubadora de precisão variando a velocidade e a condição da superfície do solo. *Ciência Rural*, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 920-923, jul/ago. 2005.
- FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; CORTEZ, J. W.; GROTTA, D. C. C. Semeadora-adubadora: Exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Jaboticabal, v. 32, n. 01, p. 345-352, nov./out. 2008.
- GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K.P.; LEITE, F.; ACOSTA, J.J.B.; JESUINO, P.R. Desempenho do trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.3, p.333-339, 2010.
- GAMERO, C. A.; LANÇAS, K. P. Ensaio e certificação das máquinas de mobilização periódica do solo. In: MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas: ensaio e certificação. Piracicaba: CNPq-PADCT/TIBFEALQ, 1996. p.463-514.
- LANÇAS, K. P.; UPADHYAYA, S. K. Pneus radiais para tratores. Guia para a seleção correta da pressão de inflação. *Energia na Agricultura*, FCA/UNESP, Botucatu, 1997. 33p. Boletim Técnico nº 1.
- LOPES, A.; LANÇAS, K. P.; FURLANI, C. E. A.; NAGAOKA, A. K.; CASTRO NETO, P.; GROTTA, D. C. C. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.2, p.382-386, 2003.
- MIALHE, L. G. Máquinas Agrícolas: Ensaio e certificação. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p.
- MONTEIRO, L. A. Desempenho operacional e energético de um trator agrícola em função do tipo de pneu, velocidade de deslocamento, lastragem líquida e condição superficial do solo. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. O.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; CORREA JUNIOR, D.; GRAVINA, G. A.; SOUZA, E. F. Operational and energetic performance of an agricultural tractor during direct and conventional sowing. *Scientific Electronic Archives*, v. 7, p. 65-76, 2014.
- WISMER, R.D. e LUTH, H.J. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. *Transactions of the ASAE*, v.17, n.1, p. 8-14, 1974.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. (1980) Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.) *Applications of soil physics*. New York: Academic Press.
- YANAI, K.; SILVEIRA, G. M.; LANÇAS, K. P.; CORRÊA, I. M.; MAZIERO, J. V. Desempenho operacional de trator com e sem o acionamento da

tração dianteira auxiliar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.8, p.1427-1434, 1999.
ZOZ, F. M. Predicting tractor field performance (updated). St. Joseph: ASAE, Paper No. 871623, 12p., 1987.