

DESEMPENHO DE TRATOR AGRÍCOLA EM FUNÇÃO DA CONDIÇÃO DO PNEU EM DIFERENTES NÍVEIS DE PRESSÕES DE INFLAÇÃO

Alan Antoniassi¹, Fabrício Leite^{1*} e Marcelo Henrique Bradalise¹

¹Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus Regional de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR.

E-mail: alanantoniassi@hotmail.com, fleite2@uem.br, marcelo_brandalise@hotmail.com

*autor correspondente: fleite2@uem.br

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de um trator agrícola, comparando pneus novos e usados (garras altas e garras baixas) em três níveis de pressão de inflação dos pneus (89, 131 e 172 kPa) em solo com cobertura vegetal de *Brachiaria decumbens*. O experimento foi conduzido em área experimental da Universidade Estadual de Maringá – UEM – Campus Umuarama-PR. Foi utilizado um arranjo em esquema fatorial 3 x 2 (3 pressões de inflação e 2 condições de pneus) em um delineamento em blocos casualizados com 4 repetições. Foram analisados os parâmetros de desempenho do trator tracionando uma grade niveladora. A patinagem ficou dentro do recomendado para pressões intermediárias. Concluiu-se que o desempenho do trator em solo com cobertura vegetal foi igual para ambas condições dos pneus.

PALAVRAS-CHAVE: Patinagem, consumo horário de combustível, força de tração.

PERFORMANCE OF FARM TRACTOR DEPENDING ON CONDITION IN DIFFERENTS LEVELS OF TIRE INFLATION PRESSURES

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the performance of a farm tractor, comparing new and used tires (high claws and claws casualties) in three levels of tire inflation pressure (89, 131 and 172 kPa) in soil with vegetation cover of *Brachiaria decumbens*. The experiment was conducted in an experimental area of the State University of Maringá - UEM - Campus Umuarama-PR. It was used a factorial arrangement 3 x 2 (three inflation pressures and two tire conditions) in randomized complete blocks with 4 replications. It was analyzed the performance parameters of tractor pulling a harrowing. The slippage was within recommended for intermediate pressures. It was concluded that the performance of the tractor in soil with vegetation cover was similar for both conditions tire.

KEY WORDS: Slippage, hourly fuel consumption, traction force.

INTRODUÇÃO

Atualmente um trator agrícola é a base para a implantação de uma lavoura. É fácil apreciar como é fundamental a importância do mesmo para o estabelecimento dos cultivos agrícolas (Frantz, 2011). Uma série de operações é realizada desde o preparo do solo até a colheita e praticamente em todas se faz uso de tratores agrícolas. Então, o estudo do



desempenho desta máquina para aumentar sua eficiência a campo é de extrema importância, tendo em vista a maximização do lucro e a minimização de possíveis prejuízos.

Dentre os componentes necessários para maior eficiência do trator agrícola estão os conjuntos pneumáticos, atuando como peça fundamental, pois tem a função de fornecer equilíbrio, deslocamento, direcionamento, esforço tratório e ainda o amortecimento entre as irregularidades do solo e o trator (Barbosa et al., 2005).

O pneu agrícola apresenta banda de rodagem com garras, que em contato com o solo aumenta a aderência e eficiência deste rodado. Gabriel Filho et al. (2004a), avaliando o desempenho do trator sobre diferentes tipos de cobertura vegetal, concluíram que a cobertura do solo interfere na capacidade do trator em desenvolver esforço para tracionar máquinas e implementos e que o tipo de cobertura pode causar mudanças na patinagem e na eficiência tratória. Entretanto, Gabriel Filho et al. (2010a) concluíram que a altura das garras pode não fornecer a tração desejada em áreas de plantio direto, pois a cobertura vegetal morta existente e a maior firmeza do solo fazem com que essas não consigam ter contato direto com o solo. Portanto, segundo Corrêa et al. (1999) um trator equipado com pneus adequados para condições variadas na superfície de solo, resulta em melhor desempenho geral com consequente aumento da capacidade operacional, da vida útil, melhor qualidade de serviço, menor custo e, ainda, preserva as condições estruturais do solo.

Além do tipo a ser escolhido, é necessário que este esteja em condições ideais de pressão interna para que opere proporcionando maior rendimento ao trator e maior vida útil ao pneu. Monteiro et al. (2011) relataram que o desempenho operacional do trator é influenciado pela pressão de inflação dos pneus. Pressões de inflação elevadas, acima do recomendado, podem diminuir a capacidade de trabalho da máquina da ordem de 3 a 5% e aumentar entre 10 a 25% o consumo de combustível por hectare (Serrano, 2008). Este mesmo autor ainda expôs que em pressões dos pneus em torno de 190 kPa (\approx 28 psi), espera-se maior compactação do solo e menor amortecimento nas vibrações resultantes das rugosidades que o pneu encontra no solo.

Devido ao desconhecimento de qual pneu utilizar em termos de sua construção e consequentemente a melhor pressão para atuar sobre diferentes condições de superfície do solo, pecebe-se a necessidade de estudar tal assunto. Desta forma, é possível aumentar o rendimento destas máquinas a campo e diminuir custos, fatores estes cruciais para a escolha de uma máquina e seus componentes pelos produtores rurais.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de um trator agrícola tracionando uma grade destorroadora-niveladora em um solo com cobertura vegetal de *Brachiaria decumbens* a partir de duas condições dos pneus sob três níveis diferentes de pressões de inflação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área pertencente à Universidade Estadual de Maringá – UEM – Campus Umuarama – PR, sendo o solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (EMBRAPA, 2006). A área possui coordenadas geográficas de 23°47'17,62" S e 53°15'4,19" W, possuindo altitude de aproximadamente 390 metros e declividade de 2%.

Utilizou-se um trator Massey Ferguson 292 com potência nominal de 69 kW e uma grade niveladora destorroadora com 16 discos equipada com controle remoto. Foi utilizado um arranjo em esquema fatorial 3 x 2, em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por duas condições dos pneus (novo e usado) e três pressões de inflação, 89, 131 e 172 kPa, respectivamente P1, P2 e P3. Os pneus estavam lastrados com 75% de água. Os dados foram coletados em parcelas de 25 metros de comprimento e 3 metros de largura.

A grade niveladora destorroadora trabalhou em uma profundidade média de 15 cm, sendo tracionada pelo trator a uma velocidade de deslocamento fixada em 6 km h⁻¹.

Foram realizadas algumas análises no solo. Assim os valores médios da granulometria, densidade, umidade, índice de cone e massa de matéria seca da palhada de braquiária, na área experimental estão apresentados na Tabela 1.

A cobertura superficial vegetal do solo estava composta por *Brachiaria decumbens* que foi roçada para realização do tráfego. Foi quantificada a massa de matéria seca, utilizando um quadro de 0,25 m² onde foi recolhida e posteriormente secada em estufa a 65°C por 72 horas. A obtenção da resistência do solo à penetração foi obtida por meio do penetrômetro manual até a camada de 15 cm.

Foram utilizados dois conjuntos de rodados, sendo o primeiro composto de pneus diagonais usados, denominados de garras baixas (GB), com dimensões dos pneus traseiros de 18.4 - 34 e dianteiros de 14.9 - 24. O segundo conjunto, era composto de pneus novos, com garras da altura de fabricação (GA), de mesma dimensão e formato do conjunto de rodados

usados. As garras dos pneus foram medidas segundo metodologia descrita por ASAE (2002); o conjunto de pneus usados apresentava garras com altura de 1 cm e o conjunto com pneus novos apresentava garras com 4,5 cm de altura.

Tabela 1 - Caracterização do solo na área com cobertura vegetal

Característica	Valores
Areia (%)	79
Silte (%)	6
Argila (%)	15
Densidade dos Sólidos (g cm ⁻³)	1,72
Teor de água (%) na camada de 0 a 10 cm	13
Teor de água (%) na camada de 10 a 20 cm	15
Índice de cone (kPa) na camada de 0 a 15 cm	1834,9
Massa de matéria seca (t ha ⁻¹)	6,2

A patinação foi obtida por sensores geradores de pulsos, instalados nas rodas por um conjunto de armações metálicas e posteriormente os dados obtidos foram calculados pela equação (1) descrita por Mialhe (1974).

$$P = \left(\frac{nc - ns}{nc} \right) * 100 \quad (1)$$

Onde:

P - patinação (%)

nc - giros da roda motriz, com carga

ns - giros da roda motriz, sem carga

O número de giros da roda motriz sem carga (ns) foi obtido durante as calibrações em superfície rígida. O número de giros da roda motriz com carga (nc) foi obtido com o trator no campo.

Na determinação da força requerida na barra de tração, foi utilizada uma célula de carga marca. Conforme os valores obtidos, a força de tração média foi determinada pela equação (2) conforme Gabriel Filho et al. (2010a).

$$F_m = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n} \quad (2)$$

Onde:

F_m - força de tração média (kN);

F_i - força de tração instantânea (kN);

n - número de dados registrados.

Para avaliação do consumo horário de combustível foi utilizado um fluxômetro com precisão de 1 ml pulso⁻¹. Os pulsos gerados pelo fluxômetro volumétrico foram convertidos em volume consumido por hora (L h⁻¹) e calculado pela equação (3) conforme Gabriel Filho et al. (2010b).

$$C_c = \frac{\sum_p * 3,6}{\Delta_t} \quad (3)$$

Onde:

C_c - consumo horário de combustível (L h⁻¹);

\sum_p - somatório de pulsos, equivalente ao somatório de mL de combustível gasto para percorrer a parcela experimental (mL);

Δ_t - tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s);

3,6 - fator de conversão.

Os valores de transferência de peso foram obtidos de acordo com a equação (4) conforme Mialhe (1974).

$$T_p = F_t \cdot (y / D_e) \quad (4)$$

Onde:

T_p - transferência de peso (kN);

F_t - força de tração (kN);

Y - altura na barra de tração (m);

D_e - distância entre eixos (m).

A potência na barra de tração foi calculada também segundo Mialhe (1974) pela equação (5).

$$PB = F.V / 3,6 \quad (5)$$

Onde:

PB – potência na barra de tração (kW);

F – força de tração (kN);

V – velocidade de deslocamento (km h⁻¹);

A resistência ao rolamento e rendimento tratório foram determinadas, segundo Brixius (1987), equação 6 e 7 respectivamente.

$$RR = Ft * [(1/Bn) + 0,04 + (0,5 * Pat / Bn^{0,5})] \quad (6)$$

em que:

RR – resistência ao rolamento (kN);

Ft – força de tração (kN);

Pat – patinação das rodas;

Bn – índice adimensional

$$RT = [(1 - Pat) * (TL / TB)] \quad (7)$$

em que:

RT – rendimento tratório (%);

Pat – patinação das rodas;

TL – tração líquida (kN);

TB – tração bruta em (kN).

Onde TL e TB são representadas pelas fórmulas 8 e 9.

$$TL = Cd * [(0,88 * (1 - e^{-0,1 * Bn}) * (1 - e^{-7,5 * Pat})) - (1/Bn) - (0,5 * Pat / Bn^{0,5})] \quad (8)$$

$$TB = Cd * [(0,88 * (1 - e^{-0,1 * Bn}) * (1 - e^{-7,5 * Pat}) + 0,04] \quad (9)$$

Em que:

Cd – carga dinâmica kN;
e – base dos logaritmos neperianos;
Bn – índice adimensional;
Pat – patinação das rodas.

A carga dinâmica foi obtida pela equação 10.

$$Cd = Pe + (Ft * y/De) \quad (10)$$

Onde:

Cd - carga dinâmica sobre o rodado (kN);
Pe - carga estática sobre o rodado (kN);
Ft - força de tração média (kN);
Y - altura da barra de tração (m);
De - distância entre eixos (m);

Para a aquisição dos sinais gerados pelos sensores instalados nos rodados, no sistema de alimentação e na barra de tração foi utilizado um painel eletrônico com indicador de força instantânea. Esses sinais também foram enviados a um sistema eletrônico de aquisição de dados “CR10 – microllogger”.

A partir dos resultados obtidos, foi realizada análise de variância a 5% de probabilidade e observada a significância dos resultados. As médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao fator pressão dos pneus houve significância para todas variáveis com exceção do consumo horário de combustível. Para o fator condições dos pneus houve interação significativa para as variáveis: potência na barra de tração, transferência de peso e consumo horário de combustível. Para as demais variáveis não houve significância. Já em relação à interação entre os fatores, patinação, força de tração, consumo horário de combustível e resistência ao rolamento apresentaram interação significativa, havendo interferência da condição dos pneus na pressão e vice e versa (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores do teste F para a patinagem (Pt), força de tração (Ft), potência na barra de tração (Pbt), transferência de peso (Tp), consumo horário de combustível (Ch), resistência ao rolamento (Rr) e Rendimento tratorio (Rt) em relação aos fatores de variação pressão dos pneus (P), condição dos pneus (CP) e interação

Fonte	Pt	Ft	Pbt	Tp	Ch	Rr	Rt
P	93,47*	23,4*	16,29*	8,58*	1,13 ^{ns}	447,2*	52,08*
CP	4,53 ^{ns}	4,31 ^{ns}	6,44*	39,19*	31,2*	1,72 ^{ns}	0,63 ^{ns}
PXCP	10,49*	3,92*	1,24 ^{ns}	2,82 ^{ns}	17,99*	22,59*	3,23 ^{ns}
C.V. (%)	8,21	7,59	8,07	7,64	5,74	0,85	2,85
Média geral	8,65	7,39	12,7	0,97	8,99	2,92	72,0

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade.

Os valores médios de patinagem (Tabela 3) foram maiores na pressão P3. Isto pode ser relacionado à menor área de contato promovida por pressões maiores nos pneus. Na pressão P2 houve diferença estatística entre as duas condições dos pneus, sendo maior para GB e a única dentro da faixa recomendada pela ASAE (1997), onde em solos não mobilizados o valor de patinagem deve ser entre 8 e 10%, resultados semelhantes foram observados por Monteiro et al. (2011) utilizando pneus diagonais no trator, 75% de lastro líquido e sobre solo com cobertura de palhada. A maior área de contato promovida pela baixa pressão dos pneus e por estarem na condição de garras baixas proporcionou para os pneus na pressão P1 a menor patinagem significativa, entre as demais pressões avaliadas e abaixo do recomendado pela ASAE (1997).

Tabela 3 - Valores médios de patinagem (%) entre as pressões P1, P2 e P3 respectivamente 89, 131 e 172 kPa e condições das garras dos pneus

	Patinagem (%)		
	P1	P2	P3
Garra baixa	6,53 cA	8,71 bA	11,63 aA
Garra alta	7,42 bA	6,37 bB	11,24 aA

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Para a variável força de tração (Tabela 4), os menores valores ocorreram significativamente para pneus com GB em comparação com GA na pressão P3, concordando

com Monteiro et al. (2011), pois a força de tração está diretamente relacionada à patinagem, alterando significativamente o esforço tratorio, corroborando com relato de Gabriel Filho et al. (2004), que em área com palhada a garra crava menos ao solo, diminuindo assim o efeito das garras na tração.

Tabela 4 - Valores médios de força de tração (kN) entre as pressões P1, P2 e P3 respectivamente 89, 131 e 172 kPa e condições das garras dos pneus

	Força de tração (kN)		
	P1	P2	P3
Garra baixa	8,58 aA	6,97 bA	5,92 cB
Garra alta	8,17 aA	7,71 abA	7,00 bA

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Entre as condições de pneus não houve diferença significativa nas pressões P1 e P2, isto pode ser atribuído a maior área de contato promovida pela diminuição das pressões, diminuindo o esforço tratorio, corroborando com os resultados de Mazetto et al. (2004). A pressão P1 na condição de GB obteve a maior força de tração significativa, comparando-se com as demais pressões. Estes resultados concordam com os encontrados por Ferreira et al. (2000), que quanto menor a pressão, maior a força de tração em solo firme. Isso pode ter ocorrido devido ao fato dos pneus com garras mais baixas terem maior contato com o solo, conforme concluíram Gabriel Filho et al. (2010b).

A potência disponível na barra de tração é diretamente proporcional à força de tração segundo Salvador et al. (2009). Portanto, a maior energia disponibilizada significativamente na barra de tração ocorreu na pressão mais baixa P1 (Tabela 5), em razão da maior força disponível

Tabela 5 - Valores médios de potência na barra de tração (kW) entre as pressões P1, P2 e P3 respectivamente 89, 131 e 172 kPa e condições das garras dos pneus

	Potência na barra de tração (kW)		
	P1	P2	P3
Garra baixa	14,15 aA	11,8 bB	10,59 bA
Garra alta	14,28 aA	13,44 abA	11,99 bA

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

e menor patinagem. Segundo os mesmos autores, a condição de solo firme favorece as operações de preparo do solo como aração e gradagem, disponibilizando maior potência na barra de tração. Isto também pode ser atribuído à maior área de contato e menor recalque promovido pela baixa pressão dos pneus.

Os maiores valores de transferência de peso são observados para os pneus com garra alta (G.A.), diferenciando-se estatisticamente dos pneus com garra baixa (G.B.) nas pressões P2 e P3 (Tabela 6). A maior altura dos pneus, promovida pelas garras altas, aumentaram diretamente a altura da barra de tração em relação ao solo, conforme Mialhe (1974). Entretanto, a maior transferência de peso foi observada na menor pressão (P1), tanto para pneus com garra alta, quanto para pneus com garra baixa, influenciando diretamente na patinagem e força de tração, uma vez que o trator aproveitou o peso sobre o rodado para conseguir maior contato com o solo. Porém Gabriel Filho et al. (2010b) observaram que a capacidade do trator em aumentar a tração aproveitando a transferência de peso para o rodado traseiro, não variou significativamente.

Tabela 6 - Valores médios de transferência de peso (kN) entre as pressões P1, P2 e P3 respectivamente 89, 131 e 172 kPa e condições das garras dos pneus

	Transferência de peso (kN)		
	P1	P2	P3
Garra baixa	1,00 aA	0,87 abB	0,77 bB
Garra alta	1,09 aA	1,09 aA	1,02 aA

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A variável consumo horário não apresentou diferença significativa, entre as condições dos pneus, na menor pressão (P1). Entretanto, nos pneus com garras altas houve diferença significativa, conforme foram aumentando as pressões nos pneus, maior foi o consumo horário (Tabela 7), assemelhando-se aos resultados obtidos por Serrano (2008).

Já a variável resistência ao rolamento (Tabela 8) não apresentou diferença significativa entre as pressões P1 e P2, tanto para os pneus com garras baixas (G.B.) quanto para os pneus com garras altas (G.A.), diferenciando-se somente da pressão P3, apresentando os maiores

Tabela 7 - Valores médios de consumo horário (L h⁻¹) entre as pressões P1, P2 e P3 respectivamente 89, 131 e 172 kPa e condições das garras dos pneus

	Consumo horário (L h ⁻¹)		
	P1	P2	P3
Garra baixa	9,09 aA	8,76 aA	7,37 bB
Garra alta	9,08 bA	9,34 bA	10,34 aA

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P< 0,05).

valores. Isto pode ser explicado em razão do pneu com maior pressão causar maior recalque no solo, conforme relata Debiasi et al. (2008). Assim, quando há maior recalque no solo, maior será a resistência ao rolamento do rodado, corroborando com os resultados obtidos por Leite et al. (2010). Nas pressões P2 e P3, os pneus com garra alta apresentaram maiores valores em função da altura da garra recalcar mais no solo.

Tabela 8 - Valores médios de resistência ao rolamento (kN) entre as pressões P1, P2 e P3 respectivamente 89, 131 e 172 kPa e condições das garras dos pneus

	Resistência ao rolamento (kN)		
	P1	P2	P3
Garra baixa	2,76 bA	2,80 bB	3,15 aB
Garra alta	2,81 bA	2,86 bA	3,18 aA

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P< 0,05).

O rendimento tratório (Tabela 9) foi maior nas menores pressões P1 e P2, não diferindo estatisticamente entre si e entre as condições dos pneus. Porém, a pressão P3 apresentou o

Tabela 9 - Valores médios de rendimento tratório (%) entre as pressões P1, P2 e P3, respectivamente 89, 131 e 172 kPa e condições das garras dos pneus

	Redimento tratório (%)		
	P1	P2	P3
Garra baixa	71,0 aA	72,0 aA	67,0 bA
Garra alta	71,0 aA	70,0 aA	68,0 bA

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P< 0,05).

menor rendimento tratório, sendo inversamente influenciado pela maior patinagem e resistência ao rolamento.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos concluiu-se que para o conjunto trator mais grade, o melhor desempenho ocorreu entre pressões intermediárias, tanto para pneus com garras baixas e pneus com garras altas.

REFERÊNCIAS

ASAE. American Society of Agricultural Engineers. Agricultural Machinery Management Data. In: ASAE Standards (Ed.). **American Society of Agricultural Engineers**. Saint Joseph: Editora American Society of Agricultural Engineers, 2003. p.372-380. (D497.4).

ASAE. American Society of Agricultural Engineers. Genery terminology for traction of agricultural tractors, self propelled implements, and other traction and transport devices. In: ASAE Standards (Ed.). **American Society of Agricultural Engineers**. Saint Joseph: Editora American Society of Agricultural Engineers, 2002. p.119-121. (S296.4).

ASAE. American Society of Agricultural Engineers. Agricultural tractor test code. In: ASAE Standards (Ed.). **American Society of Agricultural Engineers**. Saint Joseph: Editora American Society of Agricultural Engineers, 1997. p.407-411. (J708).

BARBOSA, J.A.; VIEIRA, L.B.; DIAS, G.P.; DIAS JÚNIOR, M.S. Desempenho operacional de um trator agrícola equipado alternadamente com pneus radiais e diagonais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.474-480, 2005.

BRIXIUS, W.W. **Traction prediction equation for bias ply tires**. St.Joseph: Editora ASAE Paper, 1987. 8p.

CORREA, I.M.; YANAI, K.; MAZIERO, J.V.G.; LANÇAS, K.P. Determinação da circunferência de rolamento de pneus agrícolas utilizando dois métodos: Manual e eletrônico. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.1, p.179-184, 1999.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; GONÇALVES, S.L. **Manejo da compactação do solo em sistemas de produção de soja sob semeadura direta**. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2008. 20p. (Circular Técnica 63)

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Editora CNPS, 2006. 306p.

FRANTZ, U.G. **Análise de desempenho em tração de rodado simples e duplo em um trator agrícola.** 2011. 120p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

FERREIRA, M.F.; SCHLOSSER, J.F.; NEUJAHN, E.B. Patinamento de pneus diagonais de um trator 4x2, em função da variação da pressão interna e carga na barra de tração. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.3, p.254-257, 2000.

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. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.3, p.333-339, 2010.

GABRIEL FILHO, A.; MONTEIRO, L.A.; LANÇAS, K.P.; GUERRA, S.P.S.; JESUINO, P.R. Influência da altura das garras dos pneus de um trator em área de plantio direto. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.10, p.1123-1128, 2010b.

GABRIEL FILHO, A.; SILVA, S.L.; MODOLO, A.J.; SILVEIRA, J.C.M. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.781-789, 2004a.

LEITE, F.; ALEIXO, E.V.; FROHLICH, W.F.; VOLK, L.B.S. Influência do teor de água no solo e lastragem líquida de um trator agrícola no arenito caiué. **Cultivando o saber**, Cascavel, v.3, n.1, p.72-81, 2010.

MAZETTO, F.R.; LANÇAS, K.P.; NAGAOKA, A.K.; CASTRO NETO, P.; GUERRA, S.P.S. Avaliação do contato pneu-solo em três modelos de pneus agrícolas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.750-757, 2004.

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola.** São Paulo: Editora Agrônômica Ceres, 1974. 301p.

MONTEIRO, L.A.; LANÇAS, K.P.; GUERRA, S.P.S. Desempenho de um trator agrícola equipado com pneus radiais e diagonais com três níveis de lastros líquidos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.551-560, 2011.

SALVADOR, N.; MION, R.L.; BENEZ, S.H. Consumo de combustível em diferentes sistemas de preparo periódico realizados antes e depois da operação de subsolagem. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.33, n.3, p.870-874, 2009.

SERRANO, J.M.P.R. Pressão de insuflagem dos pneus no desempenho do conjunto trator-grade de discos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.2, p.227-233, 2008.