

DESEMPENHO DE TRATOR AGRÍCOLA EM FUNÇÃO DA CONDIÇÃO DO PNEU EM DIFERENTES VELOCIDADES DE DESLOCAMENTO

Marcelo Henrique Brandalise¹, Fabrício Leite^{1*} e Alan Antoniassi¹

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

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

*autor correspondente: fleite2@uem.br

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar aspectos dinâmicos relacionados a um trator agrícola, comparando condições dos pneus novos e usados (garras altas e garras baixas) em três velocidades de deslocamento, sobre cobertura vegetal de *Brachiaria decumbens*. O experimento foi conduzido em uma área experimental da Universidade Estadual de Maringá – UEM – Campus Umuarama-PR. O delineamento foi em blocos casualizados utilizado arranjo fatorial 3 x 2, sendo 3 velocidades de deslocamento e 2 condições de pneus (garras altas e garras baixas) com 4 repetições. As velocidades testadas foram 4; 6 e 8 km h⁻¹. Foi analisado o desempenho do trator tracionando uma grade niveladora destorroadora. A condição do pneu não interferiu no desempenho do trator em desenvolver força na barra de tração sobre solo com cobertura de palhada, sendo baixo o consumo horário nas menores velocidades e a altura da garra influencia na transferência de peso e resistência ao rolamento.

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

PERFORMANCE OF A FARM TRACTOR DEPENDING ON THE CONDITION OF THE TIRE AT DIFFERENTS SPEEDS TRAVEL

ABSTRACT: This study aimed to evaluate dynamic aspects related to a tractor, comparing the conditions of new tires and used tires at three speeds, on cover of *Brachiaria decumbens*. The experiment was conducted in an experimental area of the State University of Maringá - UEM - Campus Umuarama. The experimental design was randomized blocks used 3 x 2 factorial arrangement, with three forward speeds and 2 tire conditions (high claws and talons low) with 4 replications. The speeds tested were 4; 6 and 8 km h⁻¹. We analyzed the performance parameters of tractor pulling a grid. The condition of the tire does not affect the performance of the tractor in developing strength in the drawbar on soil with mulch cover, and low fuel consumption at lower speeds.

KEY WORDS: Slippage, fuel consumption, traction force.

INTRODUÇÃO

O trator dentro da cadeia produtiva é considerado facilitador para o aumento da produtividade e cultivo de grandes áreas, fatores imprescindíveis para suprir o aumento da demanda mundial por alimentos.

Sendo assim, Silva et al. (1997) definiram que na agricultura deve-se ter como um dos objetivos a avaliação do desempenho de tratores, de modo a dimensionar seu uso de forma

correta. Nas considerações apresentadas por Serrano (2007) os tratores são dimensionados de acordo com a necessidade de potência, dependente das máquinas e implementos utilizados, mas geralmente é feito conforme os implementos de mobilização primária, como subsoladores e arados, ocorrendo frequentemente sobredimensionamento do trator em relação aos equipamentos de mobilização secundária como grades e cultivadores. Ainda, segundo o autor é difícil fazer um dimensionamento infalível devido à variabilidade dos solos e das condições do mesmo.

Dentre os principais componentes que afetam o desempenho do trator agrícola, os pneus se destacam, pois fazem a ligação com o solo, transmitindo a tração. Segundo Mialhe (1980), a tração é a interação entre o dispositivo de autopropulsão (rodados) e o meio no qual age este dispositivo.

Em meio aos aspectos avaliados no desempenho de tratores, a patinagem é definida como sendo o movimento relativo na direção do deslocamento, entre o elemento que oferece tração e a superfície de suporte durante o deslocamento, sendo expressa em porcentagem, e seus valores ideais se encontram entre 7 e 15% (ASABE, 2006). Porém Gabriel Filho et al. (2004) analisando um trator em operação em coberturas vegetais e verificaram que na área sem cobertura a patinagem foi de 13,60% enquanto na área com cobertura a patinagem apresentou até mesmo valores de 20,74%, demonstrando que sistemas como o plantio direto podem diminuir o desempenho dos tratores.

O consumo horário de combustível é outro aspecto a ser avaliado no desempenho de tratores agrícolas. Segundo Mialhe (1996) a quantidade de combustível consumida é fundamental na determinação do rendimento de um motor e no seu desempenho como máquina térmica conversora de energia. Lopes et al. (2003) observaram que a velocidade de deslocamento reflete diretamente no consumo de combustível.

Gabriel Filho et al. (2010a) verificaram que a variação das condições do solo e a velocidade de deslocamento estão intimamente ligadas à eficiência de tração dos tratores agrícolas e concluíram que pneus com garras baixas parecem ter aderido melhor ao solo em velocidades menores e que pneus com garras altas mantiveram a patinagem conforme ocorreu o aumento da velocidade de deslocamento.

Segundo Nagaoka (2001) o tipo de construção do pneu, tipo do solo, teor de água, cobertura do solo e declividade do terreno influenciam diretamente no desempenho de tratores agrícolas. Dessa forma, deve-se utilizar o pneu adequado para cada trabalho resultando em

aumento do desempenho do trator, aumento da vida útil do pneu, menor custo e ainda melhoria da preservação das características estruturais do solo. Contudo têm sido observadas poucas pesquisas que forneçam soluções para melhorar o desempenho dos tratores sobre cobertura vegetal morta.

Logo, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho do trator agrícola em função da condição do pneu em diferentes velocidades de deslocamento, sobre cobertura vegetal morta de *Brachiaria decumbens*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área pertencente à Universidade Estadual de Maringá – UEM – Campus Umuarama – PR, localizado nas coordenadas 23°47'27"S 53°15'23"W, e altitude média de 400 metros com declividade de 2%. O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, com textura arenosa (EMBRAPA, 2006).

Foi utilizado o trator Massey Ferguson 292 com potência nominal de 69 kW e uma grade destorroadora niveladora de 36 discos equipada com controle remoto. A pressão de inflação dos pneus foi fixada em 131 kPa (19 psi).

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três velocidades de deslocamento sendo elas 4; 6 e 8 km h⁻¹, respectivamente V1, V2 e V3 e duas condições dos pneus. Os dados foram coletados em parcelas de 25 metros de comprimento e 5 metros de largura.

Em relação às condições dos pneus, foram utilizados dois conjuntos, sendo o primeiro composto de pneus diagonais novos de dimensões, 18,4 - 34 traseiros, e 14,9 - 24 dianteiros, com garras no tamanho original de fabricação, denominadas garras altas e o segundo com pneus de mesma dimensão desgastados pelo uso, chamados de garras baixas. As garras dos pneus foram medidas segundo a metodologia utilizada pela ASAE (2002) e verificados valores de 1 cm para os pneus com garras baixas e 4,5 cm para os pneus com garras altas.

O experimento foi conduzido sobre cobertura de *Brachiaria decumbens* roçada. Para a determinação da massa de matéria seca foi utilizado um quadrado vazado de 0,25 m², em que foram colhidas 25 amostras aleatórias na área experimental. As amostras foram secas em estufa a 65 °C por 72 horas. A resistência do solo à penetração (índice de cone) foi obtida por meio do

penetrômetro manual, onde aleatoriamente foram realizadas 25 repetições na camada de até 15 cm de profundidade.

Os valores médios da granulometria, densidade, umidade, índice de cone e massa de matéria seca de braquiária, na área experimental estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico da área experimental

Características	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 patinagem foi obtida por meio de um sensor instalado nas rodas por um conjunto de armações metálicas e após os dados foram calculados por equação descrita por Mialhe (1974).

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

Onde:

P = Patinagem (%);

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 de tração média, foi utilizada uma célula de carga. De acordo com os valores obtidos, a força de tração média foi determinada conforme Gabriel Filho et al. (2010a).

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

Onde:

F_i = Força de tração instantânea (kN);

F_m = Força de tração média (kN);

n = Número de dados registrados.

A potência disponibilizada na barra de tração (equação 3) e a transferência de peso (equação 4) foram determinadas segundo Mialhe (1974).

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

Onde:

PB = Potência na barra de tração (kW);

F = Força de tração (kN);

V = Velocidade de deslocamento (km h^{-1});

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

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).

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 transferidos para um computador e convertidos em volume consumido por hora (L h^{-1}), segundo a equação de Gabriel Filho et al. (2010a)

$$C_c = \frac{\sum_p * 3,6}{\Delta_t} \quad (5)$$

Onde:

C_c = Consumo horário de combustível ($L h^{-1}$);

Σ_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.

A resistência ao rolamento e rendimento tratório foram determinadas, segundo Brixius (1987), equações 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 = Patinagem das rodas;

Bn = Índice adimensional;

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

em que:

RT = Rendimento tratório %;

Pat = Patinagem das rodas;

TL = Tração líquida, kN, obtido pela Eq. 8;

TB = Tração bruta, kN, obtido pela Eq. 8;

$$\begin{aligned} TL &= Cd * [(0,88 * (1 - e^{-0,1 * Bn}) * (1 - e^{-7,5 * Pat})) - (1/Bn) - (0,5 * Pat/Bn^{0,5})] \\ TB &= Cd * [0,88 * (1 - e^{-0,1 * Bn}) * (1 - e^{-7,5 * Pat}) + 0,04] \end{aligned} \quad (8)$$

Em que:

Cd = Carga dinâmica kN, obtido pela Eq. 9;

e = Base dos logaritmos neperianos;

Bn = Índice adimensional;

Pat = Patinagem das rodas;

$$Cd = Pe + (Ft * y/De) \quad (9)$$

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 foram enviados a um sistema eletrônico de aquisição de dados “CR10 - microllogger”.

A partir dos resultados obtidos, foi utilizado o teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos para todas as variáveis, são demonstrados na Tabela 2. Observa-se que houve significância para patinagem, potência disponibilizada na barra de tração, consumo horário de combustível, resistência ao rolamento e rendimento tratorio, em relação ao fator velocidade afetando, portanto, o desempenho do trator sobre superfície de palhada, como observado por Gabriel Filho et al. (2010 b). Por outro lado, os níveis do fator velocidade não interferiram significativamente nas variáveis, força de tração e transferência de peso sobre os rodados traseiros.

Para as condições dos pneus, apenas as variáveis, patinagem e consumo horário de combustível não foram significativas, concordando com Gabriel Filho et al. (2010b). Também foi observado, que não houve significância para as variáveis consumo horário e potência disponível na barra de tração, pelo mesmo autor.

Observou-se interação significativa (VXCP) para as variáveis para a patinagem, resistência ao rolamento, e rendimento tratorio, sugerindo o desdobramento dos fatores. Para as demais variáveis, a interação foi não significativa, demonstrando que os fatores devem ser estudados isoladamente.

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 velocidade (Vel) e condição dos pneus (C.P.)

Fonte	Pt	Ft	Pbt	Tp	Ch	Rr	Rt
Vel.	34,89*	3,39 ^{ns}	84,92*	2,99 ^{ns}	77,03*	121,76*	4,36*
C.P.	0,82 ^{ns}	6,88*	6,53*	34,10*	4,37 ^{ns}	74,39*	21,59*
Vel.*C.P.	7,39*	0,27 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,04 ^{ns}	78,05*	11,48*
C.V. (%)	11,4	9,06	11,29	9,31	5,29	1,00	2,17
Média geral	10,34	7,59	12,56	1,01	8,43	3,26	70,38

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

O menor valor de patinagem observada (Tabela 3) foi na velocidade V2, diferindo-se das demais velocidades, tanto para pneus com garras baixas, quanto para pneus com garras altas, porém, houve diferença significativa entre as condições dos pneus. No entanto, em todas as velocidades e nas duas condições dos pneus, os valores de patinagem encontraram-se dentro dos valores ideais (7 a 15%) estabelecidos por ASABE (2006), exceto para pneus com garras altas na velocidade V2.

A maior patinagem obtida foi para pneus com garras altas na velocidade V3, corroborando com relato de Gabriel Filho et al. (2010b). Em áreas com superfície coberta de palhada e sem revolvimento do solo, as garras dos pneus penetram muito pouco e, portanto, o espaço entre garras não entra em contato com o solo diminuindo, assim, o desempenho do trator.

Tabela 3 - Valores médios de patinagem (%) entre as velocidades 4; 6 e 8 km h⁻¹, respectivamente, V1, V2 e V3 e condições das garras dos pneus

	Patinagem (%)		
	V1	V2	V3
Garra baixa	11,82 aA	8,72 bA	11,14 aB
Garra alta	10,79 bA	6,37 cB	13,21 aA

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

Observa-se na Tabela 4 que a força de tração média não diferiu significativamente entre as condições dos pneus, ou seja, a condição do pneu não interferiu no desempenho do trator em desenvolver força sobre solo com cobertura de palhada, sendo o mesmo também observado por Gabriel Filho et al. (2010b).

Tabela 4 - Valores médios de força de tração (kN) entre as velocidades 4; 6 e 8 km h⁻¹, respectivamente, V1, V2 e V3 e condições das garras dos pneus

	Força de tração (kN)		
	V1	V2	V3
Garra baixa	6,85 aA	6,97 aA	7,88 aA
Garra alta	7,84 aA	7,71 aA	8,35 aA

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

Como não houve diferença significativa entre as velocidades avaliadas para a força média de tração, observa-se na Tabela 5 que a potência média na barra de tração foi influenciada pela velocidade, sendo maior significativamente conforme aumentaram as velocidades, o mesmo foi observado por Monteiro (2008).

Tabela 5 - Valores médios de potência na barra de tração (kW) entre as velocidades 4; 6 e 8 km h⁻¹, respectivamente V1, V2 e V3 e condições das garras dos pneus

	Potência na barra de tração (kW)		
	V1	V2	V3
Garra baixa	7,21 cA	11,80 bA	16,48 aA
Garra alta	8,63 cA	13,44 bA	17,85 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 transferência de peso (Tabela 6) apresentou diferença significativa somente entre as condições dos pneus, sendo maior para os pneus com garra alta em função da maior altura da barra de tração promovida pelos pneus novos. Segundo Mialhe (1980), a transferência de peso é influenciada pela altura da barra de tração e pela distância entre eixos dos tratores agrícolas.

Tabela 6 - Valores médios de transferência de peso (kN) entre as velocidades 4; 6 e 8 km h⁻¹, respectivamente, V1, V2 e V3 e condições das garras dos pneus

	Transferência de peso (kN)		
	V1	V2	V3
Garra baixa	0,86 aB	0,87 aB	0,98 aB
Garra alta	1,11 aA	1,09 aA	1,18 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 consumo horário de combustível (Tabela 7) não apresentou diferença significativa entre garras altas e baixas. Ou seja, as garras altas não promoveram menor consumo de combustível, evidenciando que, a ação das garras diminui em solos firmes com cobertura de palhada, conforme relatado por Gabriel Filho et al. (2004), contribuindo com o relato de Montanha et al. (2011), que o consumo horário representa um dos custos mais elevados nas operações agrícolas.

Portanto, neste caso as condições dos pneus não influenciam no consumo horário de combustível do trator sobre solo com cobertura de palhada. Entretanto, os maiores valores de consumo horário foram observados nos pneus com garras altas conforme foram aumentando as velocidades e esta se dá em função da deformação do pneu no momento da tração. Isto ocorreu porque pneus com garras altas se deformam mais do que os pneus com garras baixas e esta deformação é energia que está sendo consumida sem gerar eficiência para a tração do trator.

Tabela 7 - Valores médios de consumo horário ($L\ h^{-1}$) entre as velocidades 4; 6 e 8 $km\ h^{-1}$, respectivamente, V1, V2 e V3 e condições das garras dos pneus

	Consumo horário ($L\ h^{-1}$)		
	V1	V2	V3
Garra baixa	6,65 bA	8,76 aA	9,32 aA
Garra alta	7,10 bA	9,08 aA	9,7 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 resistência ao rolamento foi maior significativamente (Tabela 8) para os pneus com garras altas, isto pode ser atribuído ao maior recalque promovido pelas garras altas, o que interfere diretamente na resistência ao rolamento, 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).

Tabela 8 - Valores médios de resistência ao rolamento (kN) entre as velocidades 4; 6 e 8 $km\ h^{-1}$, respectivamente, V1, V2 e V3 e condições das garras dos pneus

	Resistência ao rolamento (kN)		
	V1	V2	V3
Garra baixa	2,78 bB	2,80 bB	2,86 aB
Garra alta	2,98 aA	2,86 cA	2,92 bA

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

Os valores médios de rendimento tratório foram maiores e significativos (Tabela 9) para os pneus com garras baixas, conforme foram diminuindo as velocidades. Entretanto, para

Tabela 9 - Valores médios de rendimento tratório (%) entre as velocidades 4; 6 e 8 km h⁻¹, respectivamente, V1, V2 e V3 e condições das garras dos pneus

	Rendimento tratório (%)		
	V1	V2	V3
Garra baixa	73,25 aA	71,62 aA	70,62 aA
Garra alta	68,25 bB	66,62 bB	71,95 aA

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

os pneus com garras altas, o maior rendimento tratório significativo ocorreu na maior velocidade. Portanto, os pneus com garras mais baixas conseguiram converter melhor a energia promovida pelo motor do trator em energia disponível para tracionar a grade destorroadora – niveladora em função da menor resistência ao rolamento e transferência de peso.

CONCLUSÕES

A condição do pneu não interferiu no desempenho do trator em desenvolver força na barra de tração sobre solo com cobertura de palhada, sendo baixo o consumo horário nas menores velocidades.

A altura da garra interfere na transferência de peso e resistência ao rolamento, beneficiando o rendimento tratório em tratores com pneus de garras baixas

REFERÊNCIAS

ASABE. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Agricultural Machinery Management Data. In: ASABE Standards (Ed.). **American Society of Agricultural and Biological Engineers**. Saint Joseph: Editora American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p.391-398. (D497.5).

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).

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

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

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

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, 2010a.

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, 2004.

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 caiuá. **Cultivando o saber**, Cascavel, v.3, n.1, p.72-81, 2010.

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. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.382-386, 2003.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba: Editora Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p.

MIALHE, L.G. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: Editora EPUEDUSP, v.2, 1980. 345p.

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

MONTANHA, G.K.; GUERRA, S.P.S.; SANCHEZ, P.A.; CAMPOS, F.H.; LANÇAS, K.P. Consumo de combustível de um trator agrícola no preparo do solo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.26, n.1, p. 39-51, 2011.

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. 69p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

NAGAOKA, A. K. **Desenvolvimento e avaliação do desempenho de um equipamento para ensaio dinâmico de rodado agrícola individual.** 2001. 206p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

SERRANO, J.M.; Desempenho de tratores agrícolas em tração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.7, p.1021-1027, 2007.

SILVA, S.L.; BENEZ, S.H.; LEVIEN, R.; SIQUEIRA, R. Força de tração obtida com integrador de força e sistema computadorizado, operando um rolo faca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997, Campina grande. **Anais**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 3p.