

Leonardo Almeida Monteiro<sup>1</sup>,  
Daniel Albiero<sup>1</sup>, Fábio Henrique de  
Souza<sup>2</sup>, Rafaela Paula Melo<sup>2</sup>, Diana  
Trigueiro<sup>3</sup>, Jameson Guedes da  
Silva<sup>3</sup>, Wesley Araújo da Mota<sup>3</sup>

---

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DE UM TRATOR  
4x2 TDA EQUIPADO COM RODADOS  
PNEUMÁTICOS EM FUNÇÃO DA  
LASTRAGEM COM ÁGUA**

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho energético de um trator agrícola 4 x 2 TDA ao desenvolver uma força na barra de tração de 25 kN. O trator era equipado com dois tipos construtivos de pneus (Radial e Diagonal), em três condições de lastro líquido (0; 40 e 75 % de água), na velocidade teórica de 7 km.h<sup>-1</sup>, informada no painel do trator, em uma superfície mobilizada. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com um arranjo fatorial de 2x3 (pneus e lastros) e três repetições, totalizando 18 avaliações experimentais. A partir dos dados obtidos, calcularam-se a patinagem das rodas motrizes e o consumo específico de combustível do trator. E com os dados de força de tração, calculou-se a potência disponível na barra de tração em função da velocidade de deslocamento. De acordo com os resultados obtidos, foi possível concluir que os menores valores de patinagem, o consumo específico de combustível e os maiores valores de potência na barra de tração foram obtidos para o lastro de 40% e 75% de água com o pneu radial e pneu diagonal, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** ensaio de máquinas, pneus, demanda energética

ENERGY EVALUATION OF A 4x2 TDA TRACTOR EQUIPPED WITH  
PNEUMATIC WHEELS ACCORDING TO BALLASTING WITH WATER

**ABSTRACT:** This research evaluated the energy performance of a 4 x 2 farming tractor when developing a 25 kN draw bar force with two constructive tire types (Radial and Diagonal), in three conditions of liquid ballast (0; 40 and 75% water), in a 7 km.h<sup>-1</sup> theoretical speed, informed on the tractor panel, in a track with mobilized surface. The experimental design used was blocks, with a 2x3 factorial arrangement (tires and ballasts) with three replications,

---

Data de submissão: 25/09/2011. Data de aceite: 01/02/2012.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Ceará. Professor de mecanização agrícola.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Ceará. Discente de Pós graduação.

<sup>3</sup>Universidade Federal do Ceará. Discente do Curso de Agronomia.

totaling 18 experimental units. The wheel slippage and the specific fuel consumption of the tractor were calculated by the collected data and using traction force data. The useful draw bar power was calculated according to the displacement speed. With the obtained results, it was possible to conclude that the smallest slippage and specific fuel consumption values as well as the largest draw bar power value were obtained for the ballast of 40% and 75% water, with radial tire and diagonal tires, respectively. The best tractor performance, equipped with diagonal tires, was recorded with 75% water liquid ballast.

**KEYWORDS:** machine test, tires, energy demand

## INTRODUÇÃO

Os diferentes tipos construtivos de rodados influenciam os resultados de desempenho energético e operacional do trator em relação à pressão de inflação, carga aplicada, tipo de dispositivo de tração e do seu desgaste. A forma construtiva dos pneus tem grande importância na eficiência com que o torque na árvore motriz é convertido em tração na barra de um trator.

A instrumentação de máquinas e os implementos agrícolas para a realização de ensaios de campo têm por finalidade a geração de informações, pois proporcionam o conhecimento de parâmetros que possibilitem dimensionar e racionalizar o uso desses conjuntos (SILVA et al. 2001).

Segundo Gabriel Filho et al. (2010a), os pneus são o elo de ligação entre o trator e o solo, além de serem responsáveis pela tração que o trator proporciona para tracionar as demais máquinas, os implementos agrícolas dependem dessa força para as operações no campo para as quais foram construídos.

De acordo com Barbosa (2005), o conjunto pneumático de um trator é um dos mais importantes componentes, pois tem a função de obter equilíbrio, deslocamento, direcionamento e esforço tratório. Dentre 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, podem-se mencionar a textura, a umidade e a cobertura do solo (YANAI et al., 1999).

Gabriel Filho et al. (2010b) concluíram que a mesma interferiu na capacidade do trator em desenvolver tração, ao serem avaliadas as condições da superfície do solo. A capacidade de tração e o fornecimento de potência suficiente para o desempenho da maioria das operações necessárias na agricultura depende, em parte, do tipo de dispositivo de

tração. Nos casos em que esses dispositivos são pneumáticos, o tamanho, a pressão de inflação, a carga aplicada sobre o eixo motriz, a transferência de peso, dentre outros, interferem na capacidade de tração do trator (ZOZ & GRISSO, 2003).

Monteiro et al. (2011), ao estudarem o desempenho de um trator agrícola em função do tipo construtivo de pneu, lastragem, velocidade e tipo de superfície, concluíram que esses fatores alteram significativamente a conversão energética, a patinagem e a força de tração do trator. Nos tratores agrícolas, a patinagem dos rodados ocorre devido a diversos fatores, dentre eles o esforço de tração, necessário para deslocar determinado implemento e o tipo de superfície que está em contato com a banda de rodagem dos pneus motrizes, conforme relatado por Herzog et al. (2002).

Schlosser et al (2004) verificaram que, na condição de solo mobilizado, as menores patinagens ocorreram nas condições dos tratamentos com menor peso nas rodas dianteiras e maiores raios estáticos desses pneus.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de três condições de lastragem líquida, 0%, 40% e 75% de água, no desempenho energético de um trator equipado com pneus radiais e diagonais, alternadamente, cuja velocidade teórica, obtida no painel do trator foi de 7 km.h<sup>-1</sup>, em um solo com superfície mobilizada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Botucatu, Estado de São Paulo. Os ensaios foram realizados no NEMPA – Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais, do Departamento de Engenharia Rural, na pista de campo com superfície mobilizada.

O solo da área experimental foi classificado por Carvalho et. al. (1983) como Terra Rocha Estruturada e adaptada à classificação da Embrapa (1999), como Nitossolo Vermelho distroférico, com relevo plano, textura argilosa e a seguinte granulometria: 38% de argila, 19% Silte e 43% Areia, limite de liquidez e plasticidade de 34 e 26 respectivamente, densidade dos sólidos de 3 g cm<sup>-3</sup>, teor de água nas camadas de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m de 19,1% e 19,8%, respectivamente; e índice de cone de 750 kPa. Foi utilizado o delineamento experimental em faixas (Gomes & Garcia, 2003), com um arranjo fatorial de 2 x 3

(pneus e lastros) com três repetições, totalizando dezoito avaliações experimentais.

Os trabalhos foram realizados com um trator John Deere 6600 de 88 kW (121 cv) de potência no motor a 2100 rpm e com a tração dianteira auxiliar ligada. Para fornecer a força na barra de tração, foi utilizada a Unidade Móvel de Ensaio na Barra de Tração - UMEB (Figura 1), desenvolvida pelo Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais - NEMPA, e citada por MONTEIRO et al. (2007) e GABRIEL FILHO et al. (2008).

As informações de pressão de inflação para os pneus radiais foram de 96,53 KPa (14 psi) nos rodados traseiros e 12 psi nos dianteiros, e, para os pneus diagonais, os dados foram de 124,11 e 137,9 KPa (18 e 20 psi), nos rodados dianteiros e traseiros, respectivamente, conforme recomendação do fabricante.

Para a aquisição e o monitoramento dos sinais obtidos pelos sensores, foram instalados (O QUE? CONFUSO) nos rodados pneumáticos, na tomada de potência, no sistema de alimentação de combustível e na barra de tração, foi instalado, no interior da UMEB, um controlador lógico programável (CLP), com interface homem/máquina incorporada.



Figura 1 Unidade Móvel de Ensaio na Barra de Tração - UMEB.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados mostrou que a patinagem somente foi diferente estatisticamente entre os tipos de pneus (diagonal e radial) para o lastro líquido de 40%, (Tabela 1). Para as outras lastragens (0 e 75% de água), não houve diferença significativa entre os pneus. Isso indica que a condição 0% de água não é recomendada (valores de patinagem acima do recomendado). Portanto, os dados mostram que o pneu radial possui maior área de contato, concordando com Maziero (1997), que conclui que pneus radiais, devido à disposição das lonas, tornam os flancos mais flexíveis, por isso obtêm maior área de contato que o pneu de construção diagonal.

**Tabela 1** Médias da patinagem (%)

Variável	ÁGUA (%)		
	0	40	75
<b>PNEU DIAGONAL</b>	28,79 aA	21,35 aB	12,24 aC
<b>PNEU RADIAL</b>	34,72 aA	13,32 bB	16,51 aB

Médias seguidas das mesmas letras, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey-Kramer ( $p < 5\%$ ).

Os menores valores de potência na barra de tração foram obtidos para 0% de lastro para ambos os pneus (diagonal e radial) e o pneu radial apresentou valores mais altos de potência na barra de tração para o lastro de 40%, seguido do pneu diagonal com o lastro de 75%, conforme Tabela 2.

**Tabela 2** Médias de potência na barra de tração (kW)

Variáveis	ÁGUA (%)		
	0	40	75
<b>PNEU DIAGONAL</b>	27,45 aA	30,13 aAB	32,82 aB
<b>PNEU RADIAL</b>	23,66 aA	33,10 aB	29,23 aB

Médias seguidas de mesmas letras, maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey-Kramer ( $p < 5\%$ ).

A mobilização do solo diminuiu a capacidade do trator em desenvolver tração, pois, no solo desagregado, o rodado tem mais dificuldade de transmitir a força de cisalhamento que gera a tração na

barra. Tais dados concordam com os resultados de Salvador et al. (2009), que concluíram que as operações de preparo do solo proporcionaram melhor conversão energética quando utilizados antes da subsolagem, pois os menores valores de consumo específico de combustível significam a otimização do desempenho do motor, da eficiência tratoria e da adequação do equipamento à fonte de potência, de forma simultânea. Essa situação requer mais energia do trator para vencer a tração e com isso o consumo específico de combustível para manter a velocidade passa a ser maior, confirmando os dados obtidos por Nagaoka et al. (2002).

O trator com o conjunto de pneus diagonais apresentou menor consumo específico de combustível do que o conjunto de pneus radiais, concordando com os resultados de Cordeiro (2000) que, ao avaliar o desempenho operacional de um trator, observou que o pneu diagonal apresentou menores valores de consumo específico de combustível que o pneu radial, num solo mobilizado (Tabela 3).

**Tabela 3** Médias do consumo específico de combustível (g.kw h<sup>-1</sup>)

Variáveis	ÁGUA (%)		
	0	40	75
<b>PNEU DIAGONAL</b>	539,09 aA	492,62 aA	428,73 aB
<b>PNEU RADIAL</b>	641,97 bA	419,17 bB	511,39 bC

Médias seguidas de mesmas letras, maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey-Kramer ( $p < 5\%$ ).

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, pôde-se concluir que os menores valores de patinagem e consumo específico de combustível e os maiores valores de potência na barra de tração foram obtidos para os lastros de 40% com o pneu radial e de 75% de água com o pneu diagonal.

Um trator equipado com pneus adequados para a condição superficial de solo mobilizado resulta em melhor desempenho geral, com conseqüente aumento da capacidade operacional, melhor qualidade do serviço, menor custo e menor impacto nas condições estruturais do solo.

## REFERÊNCIAS

- 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.
- CARVALHO, W.A.; ESPÍNDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental "Presidente Médici". **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP**, Botucatu, n.1, p.1-85, 1983.
- 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.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: **Embrapa**, 412p. 1999.
- GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K.P.; GUERRA, S.P.; PAULA, C.A.; MONTEIRO, L.A. UMEB - Unidade móvel para ensaio da barra de tração. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.782-789, 2008.
- GABRIEL FILHO, A.; MONTEIRO, L. A.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. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** [online]. 2010a, vol.14, n.10, pp. 1123-1128. ISSN 1807-1929. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010001000015>> acesso em 19 de set. de 2011.
- 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**, v.14, n.3, p.333-339, 2010b.
- GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais: Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. **Piracicaba: Fealq**, 2002. 309p.
- HERZOG, R. L. S., LEVIEN, R., BEUTLER, J. F., TREIN, C. R. Patinagem das rodas do trator em função da profundidade do sulcador e doses de resíduos sobre o solo na semeadura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002. Salvador. **Anais...Salvador**: UFB, 2002. CD-ROM
- MAZIERO, J.V.G.; MIALHE, L. G.; CORRÊA, I.M.; YANAI, K.; MENEZES,

J.F. Efeito da patinagem da roda motriz de um trator agrícola na compactação do solo. **Bragantia, Campinas**, v. 56, n.1, 1997.

MONTEIRO, L.A.; LANÇAS, K.P.; GABRIEL FILHO, A.; GUERRA, S.P.S.; TOSIN, C.A.; PAULA, C.A. Construção e Avaliação da Unidade Móvel para Ensaio na Barra de Tração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais. Bonito: SBEA, 2007**. 1 CD-ROM.

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, maio/jun. 2011.

NAGAOKA, A.K.; NOMURA, R.H.C.; BRÖRING, N.; KITANO, N.; JASPER, S.P. Avaliação do consumo de combustível, patinagem e capacidade de campo operacional na operação de semeadura da cultura de aveia-preta (*Avena strigosa*) em três sistemas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais... Salvador: SBEA/UFBA, 2002**. 1 CD-ROM.

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**, v.33, n.3, p. 870-874, 2009.

SCHLOSSER, J. F., LINARES, P., MARQUEZ, L. Influence of the kinematics advance on the traction efficiency of the front wheel assist tractor. **Ciencia Rural**, vol.34, n°.6, p.1801-1805, 2004.

SILVA, S. L., RICIERI, R. P., PEREIRA, J. O., BENEZ, S.H. Sistemas de aquisição de dados para ensaios de campo: comparação da força de tração média obtida com micrologger 21x e milivoltímetro na operação de escarificação. In: IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 6, **Chillán. Anales...Chillán**: 2001.

YANAI, K.; SILVEIRA, G.M.; LANÇAS, K.P.; CORRÊA, I.M.; MAZIERO, J.V.G. Desempenho operacional de trator com e sem acionamento da tração dianteira auxiliar. **Pesquisa Agropecuária. Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1427-34, 1999.

ZOZ, F., GRISSO, R.D. Traction and tractor performance. St Joseph: **Asae. 2003**. 46