

DESEMPENHO DE TRAÇÃO DE UM CONJUNTO MECANIZADO EM FUNÇÃO DE PARÂMETROS TÉCNICOS E OPERACIONAIS

DANIEL MARIANO LEITE¹, HAROLDO CARLOS FERNANDES², MARCONI RIBEIRO FURTADO JÚNIOR³, ANDERSON CANDIDO DA SILVA³, PAULO ROBERTO FORASTIERE⁴

¹ Lic. em Ciências Agrícolas, Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, e-mail: daniel.mariano@ufv.br

² Engenheiro Agrícola, Professor Titular do Departamento Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.

³ Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: A eficiência de um trator para desenvolver esforço de tração depende da interação entre o rodado e o solo. Desta forma, objetivou-se com este trabalho, avaliar o desempenho de tração de um trator 4x2 TDA, em função da velocidade do trator, da pressão interna e do tipo de construção dos pneus. Para cada tipo de construção de pneus foi montado um experimento utilizando o delineamento composto central rotacional, um fatorial 2³, incluindo 6 pontos axiais e 5 repetições no ponto central, totalizando 19 ensaios, a faixa avaliada de velocidade foi de 1,11 a 2,22 m s⁻¹, para os pneus diagonais a pressão interna foi a faixa entre 68,9 a 137,9 kPa e para os pneus radiais, entre 137,9 a 206,84 kPa. Foi constatado que a força demandada na barra de tração do trator portando rodados diagonais, apresentou influência de todos os termos independentes avaliados, enquanto os pneus radiais não apresentaram efeito significativo aos níveis impostos. Quanto à potência disponível na barra de tração, foi superior quando o trator foi equipado por pneus radiais.

PALAVRAS-CHAVE: grade aradora, instrumentação, máquinas agrícolas

PERFORMANCE TRACTION OF A MECHANIZED SET BASED ON TECHNICAL AND OPERATIONAL PARAMETERS

ABSTRACT: The efficiency of a tractor to develop tractive effort depends on the interaction between the wheels and the ground. Thus, the aim of this work was to evaluate the traction performance of a tractor 4x2 FWD, according to the tractor speed, the internal pressure and the type of construction of the tires. For each type of tire was set building an experiment using a central composite design, a factorial design 2³ including six axial points and the center point 5 replications totaling 19 assays measured the speed range was 1.11 to 2, 22 m s⁻¹, bias tires for the internal pressure range was between 68.9 to 137.9 kPa and radial tires, between 137.9 to 206.84 kPa. It was found that the defendant strength in the tractor drawbar carrying rotated diagonal, presented influence of all the constant terms evaluated, while radial tires no significant effect to the levels required. As for the power available in the drawbar, was higher when the tractor was equipped for radial tires.

KEYWORDS: harrow, instrumentation, agricultural machinery

INTRODUÇÃO

Nos tratores agrícolas os pneus apresentam grande importância, por proporcionar o equilíbrio, o deslocamento, o direcionamento e o amortecimento das vibrações devido às irregularidades do solo que podem interferir no desempenho operacional (MONTEIRO et al., 2011).

A pressão interna dos pneus interfere diretamente na superfície de contato pneu/solo, o uso de baixa pressão interna nos pneus tende a aumentar a área de contato pneu/solo, o que proporciona maior capacidade de tração (MONTANHA, et al., 2011; TAGHAVIFAR & MARDANI, 2013).

O aumento da pressão interna nos pneus resulta na diminuição da resistência ao rolamento. Porém esta prática leva a inúmeros problemas, como o desgaste prematuro do pneu, maior impacto mecânico ao conjunto tratorizado, além de alterar as características ergonômicas, uma vez que a maioria dos tratores agrícolas não possui amortecedores nos eixos, incumbindo os pneus a responsabilidade de absorver os impactos e vibrações.

Uma atitude comum entre os operadores de máquinas agrícolas é calibrar os pneus com uma pressão interna acima do recomendado, tal prática, pode reduzir a eficiência trativa dos conjuntos mecanizados.

De acordo com as condições do solo e a atividade a ser realizada, deve-se determinar a pressão e o nível de lastragem interna dos pneus, buscando melhorar o desempenho trativo dos tratores.

Inúmeros trabalhos mostram que cerca de 20 a 55% da energia disponível de um trator é perdida em função da interação pneu-solo, provocando desgaste demasiado dos pneus e até compactação do solo. O pneu permite que o torque de um trator seja transmitido ao solo e capacita-o para tracionar uma determinada carga além de mover-se. A tração de um pneu depende de diversos fatores entre eles, a geometria do pneu (largura, diâmetro, altura da seção), do tipo de pneu (diagonal ou radial), do tipo de garras, da pressão interna, da carga dinâmica no eixo e do tipo e condições do solo (MONTEIRO et al. 2011; MONTEIRO et al. 2013; GABRIEL FILHO et al. 2010).

Desta forma, objetivou-se com este trabalho, avaliar o desempenho de tração de um trator 4x2 TDA, em função da velocidade do trator, da pressão interna e do tipo de construção dos pneus.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área experimental pertencente à Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Viçosa-MG, à 20° 45' 16" latitude sul e 42° 50' 21" de longitude oeste, com altitude de 660 m. O solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico segundo a classificação da Embrapa (2013), com declividade média de 1%.

Seguindo a metodologia proposta por Embrapa (2011), o solo foi classificado como textura argilosa, contendo 53 dag Kg⁻¹ de argila em composição, no momento do trabalho o solo apresentou um teor de água no solo de 0,19 kg kg⁻¹, e densidade de 1,17, 1,22 e 1,16 g cm⁻³, respectivamente nas faixas de 0 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m de profundidade.

Foi utilizado um conjunto mecanizado, composto por trator John Deere[®], modelo 5705 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA), com potência de 62,56 kW (85 cv) no motor a 2400 rpm, e uma grade aradora de dupla ação produzida pela Tatu Marchesan[®], modelo ATCR de 14 discos de 24", acoplada ao trator pela barra de tração, com os discos espaçados à 0,23 m,

no momento dos ensaios foi mantido a abertura entre as seções na posição intermediária, o que proporcionou uma profundidade de trabalho de 0,3 m.

O trator foi equipado com dois tipos de construção de pneus, sendo eles diagonais e radiais. Os pneus diagonais utilizados foram os modelos Goodyear® Dyna Torque II 12.4-24 no eixo dianteiro e Pirelli® TM 95 18.4-30 no eixo traseiro. Já, os radiais foram os modelos 320/85R24 no eixo dianteiro e o 460/85R30 no eixo traseiro, ambos da linha OPTITRAC da Goodyear®.

Com auxílio de um sistema de aquisição de dados da marca Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM), modelo Spider 8®, gerenciado pelo software HBM Catman® 2.2 instalado em um computador portátil embarcado no trator, os dados adquiridos pelo computador foram armazenados para posterior processamento. Durante a execução dos ensaios o sistema foi gerenciado para uma taxa de amostragem de 50 Hz.

A velocidade desenvolvida pelo conjunto mecanizado durante a operação, foi obtida com auxílio de um radar de efeito Doppler, da marca Dickey John®, modelo Radar II.

Para mensuração da velocidade rotacional das rodas motrizes do trator foram utilizados transdutores indutivos da marca Autonics, modelo PRCM 18, posicionado juntamente a uma coroa disposta de aletas equidistantes em seu entorno, montando em um sistema de tipo encoder.

Com a finalidade de mensuração pressão interna dos pneus, foram utilizados transdutores de pressão, da marca Sensata Technologies®, modelo 100CP7-1, acoplados em cada pneu do trator por meio de um rotor cinemático.

Entre o trator e a grade aradora foi acoplado uma célula de carga da marca Kratos, com capacidade para 50 kN. Para acomodação da célula de carga foi utilizado um “berço” com a finalidade de preservação da integridade do transdutor.

Conhecendo-se a força requerida para tracionar a grade aradora e a velocidade de deslocamento do conjunto durante a operação, calculou-se a potência demandada durante a execução dos ensaios.

A eficiência na barra de tração foi determinada pela razão entre a potência na barra de tração e potência nominal do motor do trator.

O trator utilizado foi lastrado com 75% de água nos pneus diagonais e 40% nos radiais, sendo que em todos ensaios a tração dianteira auxiliar (TDA) foi mantida acionada, buscando alcançar a máxima tração possível do trator avaliado.

Cada unidade experimental apresentava 40,0 m de comprimento e 2,0 m de largura, sendo a área útil de 80 m², demarcando-se 15,0 m entre as mesmas no sentido longitudinal para manobras, tráfego de implementos e estabilização do conjunto antes da aquisição de dados.

Para cada tipo de construção de pneus de foi montado um experimento. Os experimentos foram instalados utilizando o delineamento composto central rotacional (DCCR), um fatorial 2³, incluindo 6 pontos axiais e 5 repetições no ponto central, totalizando 19 ensaios, conforme a Tabela 1.

Os dados de cada experimento foram analisados por meio de análise de regressão. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, no coeficiente de determinação, na falta de ajustamento e no comportamento do fenômeno em estudo. Para a realização destes procedimentos estatísticos foi utilizado o programa computacional R.

Tabela 1 – Valores utilizados no DCCR para os fatores em estudo

Pneu	Variáveis	-1,68	-1	0	1	1,68
Diagonal	Velocidade (m s ⁻¹)	1,11	1,34	1,67	2,00	2,22
	Pressão dianteira (kPa)*	68,95	82,94	103,42	123,90	137,90
	Pressão traseira (kPa)*	68,95	82,94	103,42	123,90	137,90
Radial	Velocidade (m s ⁻¹)	1,11	1,34	1,67	2,00	2,22
	Pressão dianteira (kPa)*	137,90	151,89	172,37	192,85	206,84
	Pressão traseira (kPa)*	137,90	151,89	172,37	192,85	206,84

* e ** - Significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste t. F_{bt} – Força demandada na Barra de tração (kW); V – Velocidade de deslocamento (m s⁻¹); Pd e Pt – Pressão interna dianteira e traseira (kPa), respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A força demandada na barra de tração para os pneus radiais não apresentou efeito pelos termos velocidade de deslocamento, pressão interna dos pneus dianteiros e traseiro.

Para a resposta força de tração nos pneus diagonais, foram encontrados efeitos gerados pela velocidade de deslocamento e pelas pressões interna dianteira e traseira associadas entre si e velocidade de deslocamento. Para os pneus radiais a equação foi representada por uma constante cujo valor corresponde à média aritmética dos valores da força requerida para tração da grade aradora, obtidos experimentalmente nos ensaios. (Tabela 2).

Tabela 2 – Equação de regressão ajustada para força demandada na barra de tração

Pneu	Equação	R ²
Diagonal	$F_{bt} = 13,47624* - 9,64713*V + 0,082399**VPd + 0,095058**VPt - 0,0007**PdPt$	0,7100
Radial	$F_{bt} = 12,0366$	-

* e ** - Significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste t. F_{bt} – Força demandada na Barra de tração (kW); V – Velocidade de deslocamento (m s⁻¹); Pd e Pt – Pressão interna dianteira e traseira (kPa), respectivamente.

O modelo de predição apresentou comportamento linear, indicando uma percentagem de variação explicada de 71%.

A associação das variáveis pressão interna dianteira e traseira, possivelmente está relacionado à conformação do solo, que no momento da tração, a transferência de peso promove o deslocamento de carga parado eixo dianteiro para o eixo traseiro o que poderá auxiliar o tração, está ação gera uma resposta que é o deslocamento (agitação) longitudinal do trator, o que altera de forma dinâmica a carga que é aplicada sobre os eixos, que por sua vez altera a tração desenvolvida pelos rodados dos eixos traseiros e dianteiros, já que este trator desenvolve tração nos dois eixos (4x2 TDA).

Na Tabela 3 são apresentadas as equações para predição da potência na barra de tração. A percentagem de variação explicada para os pneus diagonais foi de 88,18%, e para radiais de 83,56%, indicando que os valores dos coeficientes de determinação sugerem que esses modelos são adequados para avaliar o comportamento da potência na barra de tração.

Tabela 3 – Equações de regressão ajustadas para potência na barra de tração

Pneu	Equação	R ²
Diagonal	$P_{bt} = -18,36* + 22,47694*V + 0,0081857**Pt$	0,8818
Radial	$P_{bt} = -5,4828** + 16,66459**V$	0,8356

* e ** - Significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste t. P_{bt} – Potência na Barra de tração (kW); V – Velocidade de deslocamento (m s⁻¹); Pt – Pressão interna dianteira (kPa).

A potência na barra de tração para os pneus diagonais foi afetada apenas pela velocidade de deslocamento e pressão interna dos pneus traseiros. Pode-se observar que a pressão interna dos pneus traseiros teve pouca influência na potência demandada na barra de tração, como pode ser visto pelo coeficiente associado a está variável, sendo inferior ao relacionado à velocidade de deslocamento.

A velocidade de deslocamento mostrou-se de grande influência na variável resposta, sendo seu efeito mais relevante nos pneus diagonais, o que promove um acréscimo médio de 22,4769 kW por unidade de velocidade (em condição de pressão interna traseira constante), enquanto os radiais, de 16,6646 kW por unidade de velocidade.

Embora o efeito da pressão seja pequeno, foi positivo, mostrando que o aumento da pressão interna nos pneus diagonais traseiros, resulta no aumento do raio de rolamento dos pneus, tendo com efeito direto sobre o deslizamento dos rodados, que resulta em um melhor aproveitamento de potência na barra de tração.

Com já compreendido, a potência na barra de tração é inversamente proporcional ao percentual de deslizamento apresentado pelos rodados do trator, pois quanto maior o deslizamento menor é a velocidade de deslocamento, o que condiciona a redução do resultado do produto força de tração e velocidade, o que também foi confirmado por Furtado Júnior (2013).

Para os pneus radiais foi observado apenas o efeito da velocidade de deslocamento, que pode ser explicado pela capacidade de deflexão dos pneus, onde as pressões internas avaliadas não foram capazes de alterar de forma significativa no raio de rolamento destes.

Na Tabela 4 são apresentados os modelos para eficiência na barra de tração, que nos pneus diagonais mostrou efeito da velocidade de deslocamento e um pequeno proporcionado da pressão interna dos pneus traseiros, o que resulta a cada unidade de pressão interna que se adiciona ao pneu a um acréscimo de 0,13% na eficiência na barra de tração.

Tabela 4 – Equações de regressão ajustadas para eficiência na barra de tração

Pneu	Equação	R ²
Diagonal	$E_{bt} = -0,29348* + 0,359286*V + 0,001308**Pt$	0,8817
Radial	$E_{bt} = -0,0874** + 0,266378*V$	0,8356

* e ** - Significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste t. E_{bt} - Eficiência na barra de tração; V – Velocidade de deslocamento (m s⁻¹); Pt – Pressão interna traseira (kPa).

Os rodados utilizando pneus radiais tiveram efeito apenas pela velocidade de deslocamento mostrando uma relação positiva, onde o aumento da velocidade de deslocamento resulta no aumento da eficiência.

Para os rodados diagonais o ponto de máxima eficiência foi de 0,68, o que quer dizer que apenas 68% da potência nominal do motor está sendo utilizado para tração. Este rendimento foi alcançado com base no modelo, com a velocidade de 2,2 m s⁻¹, e com a pressão interna nos pneus traseiros de 137,0 kPa.

Em condições compatíveis a deste trabalho Monteiro et al. (2013), avaliaram a eficiência na barra de tração de trator 4x2 TDA, equipado por pneus diagonais, com velocidade de deslocamento de 1,94 m s⁻¹, onde constatou que no intervalo de força na barra de tração de 15 a 20 kN, valores de eficiência 50,9 e 54,1% respectivamente. Valores estes inferiores aos encontrados neste trabalho.

A máxima eficiência na barra de tração mostrou-se um comportamento linear em função da velocidade de deslocamento, implica-se que à medida que eleva a velocidade de deslocamento a um incremento na eficiência.

CONCLUSÕES

Foi constatado que a força demandada na barra de tração do trator portando rodados diagonais, apresentou influência de todos os termos independentes avaliados, enquanto os pneus radiais não apresentaram efeito significativo aos níveis impostos.

Quanto à potência disponível na barra de tração, foi superior quando o trator foi equipado por pneus radiais.

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2011. 230p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília, 2013. 353p.
- FURTADO JÚNIOR, M. R. **Análise operacional de um trator agrícola em função da pressão interna dos pneus e inclinação da linha de tração**. 2013. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Mecanização Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.
- 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. ISSN 1415-4366.
- 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 para a cultura do algodão irrigado em função da pressão de inflação nos pneus. **Revista Energia na Agricultura**. v.26, n.1, p.39-51, 2011. ISSN 1808-8756.
- 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**, v.31, n.3, p.551-560, 2011. ISSN 0100-6916.
- MONTEIRO, L. M.; ALBIERO, D.; SOUZA, F. H.; MELO, R. P.; CORDEIRO, I. M. Rendimento na barra de tração de um trator agrícola com diferentes relações de peso e potência. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, p.70-75, 2013. ISSN 1806-6690.
- TAGHAVIFAR, H.; MARDANI, A. Potential of functional image processing technique for the measurements of contact area and contact pressure of a radial ply tire in a soil bin testing facility. **Measurement**, v. 46, n. 10, p. 4038-4044, 2013. ISSN 0263-2241.