

DESEMPENHO DE UM TRATOR AGRÍCOLA EQUIPADO COM PNEUS RADIAIS E DIAGONAIS COM TRÊS NÍVEIS DE LASTROS LÍQUIDOS

LEONARDO DE A. MONTEIRO¹, KLÉBER P. LANÇAS², SAULO P. S. GUERRA³

RESUMO: A utilização correta de pneus em tratores, tanto em relação ao seu tipo quanto à calibração de sua pressão interna, e a lastragem ideal para cada condição de carga são fatores que influem significativamente no desempenho do trator. Esta pesquisa teve como objetivo comparar o desempenho de um trator equipado com pneus radiais e com pneus diagonais, para três condições de lastragem líquida (0%, 40% e 75% de água), em três condições superficiais de um Nitossolo Vermelho distrófico (superfície firme, preparada e com cobertura vegetal de resto de milho) e em três velocidades teóricas de deslocamento (4 km h^{-1} , 5 km h^{-1} e 7 km h^{-1}), informadas no painel do trator, correspondendo às marchas B1, B2 e C1. O melhor desempenho do trator, equipado com pneu diagonal, ocorreu na condição de 75% de água nos pneus, apresentando maior velocidade de deslocamento, menor patinagem do trator, menor consumo horário de combustível e gerando maior potência na barra de tração. Com pneus radiais, o melhor desempenho do trator ocorreu na condição de 40% de água nos pneus, proporcionando maiores velocidades de deslocamento do trator, menores patinagens, menores consumos, horário e específico de combustível, e maiores potência e rendimento na barra de tração.

PALAVRAS-CHAVE: eficiência trativa, máquinas agrícola, ensaio de tratores.

PERFORMANCE OF AN AGRICULTURAL TRACTOR EQUIPPED WITH RADIAL AND BIAS PLY TIRES ON THREE LEVELS OF LIQUID BALLAST

ABSTRACT: The correct use of tires, as for its construction type as for internal pressure calibration and the optimal weighting for each load condition are factors that impact significantly on their performance. This study aimed to compare the performance of a tractor equipped with radial tires and bias ply tires in three conditions of liquid ballast (0%, 40% and 75% water), three surface conditions of a Dystrophic Red Alfisol (firm surface, tillage surface and surface with corn residues coverage) and three theoretical traveling speeds (4 km h^{-1} , 5 km h^{-1} and 7 km h^{-1}), as indicated at the tractor display, related to the gear boxes B1, B2 and C1. The best tractor's performance, equipped with bias ply tire happened at 75% water in the tires and it had provide a higher traveling speed, lower slippage, lower fuel consumption per hour and higher drawbar pull power. The radial tires with the best performance happened at 40% water in tires and it has provided a higher traveling speed, lower slippage, lower fuel consumption per hour, lower specific fuel consumption and higher drawbar pull power bar.

KEYWORDS: trative efficiency, agricultural machinery, tractors test.

¹ Licenciado em Ciências Agrícolas, Prof. Assistente, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza - CE, aiveca@ufc.br.

² Eng^o Mecânico, Prof. Titular, Departamento de Engenharia Rural, UNESP, Botucatu - SP.

³ Eng^o Florestal, Prof. Assistente Doutor, Departamento de Gestão e Tecnologia, UNESP, Botucatu - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 17-8-2009

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 19-3-2011

INTRODUÇÃO

Os rodados pneumáticos de um trator agrícola possuem diversas funções importantes, tais como: garantir o equilíbrio, o deslocamento, o direcionamento, o desempenho operacional e o amortecimento entre as irregularidades do solo e o trator. Os resultados de desempenho operacional do trator são influenciados pelo tipo de construção, pela pressão de inflação, pela carga aplicada, tipo de dispositivo de tração e desgaste dos rodados pneumáticos.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de comparar o desempenho de um trator equipado tanto com pneus radiais como com pneus diagonais, em três condições de lastragem líquida do pneu (0% de água, 40% de água e 75% de água), em três condições de superfície do solo (firme, mobilizado e com cobertura de restos da cultura de milho) e em três condições de deslocamento, distinguidas pelas seguintes marchas do trator, B1, B2 e C1, com velocidades teóricas, obtidas no painel do trator de 4; 5 e 7 km h⁻¹, respectivamente.

A capacidade de tração e o fornecimento de potência suficiente para desempenhar a maioria das operações agrícolas dependem, 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, entre outros, interferem na capacidade de tração do trator (ZOZ & GRISSO, 2003).

De acordo com BARBOSA (2005), o conjunto pneumático de um trator é um dos seus mais importantes componentes, pois tem a função de obter equilíbrio, deslocamento, direcionamento e esforço tratório.

As condições da superfície do solo afetam também o consumo de combustível do trator. Ao avaliar o consumo de combustível e a capacidade de campo operacional na semeadura de aveia, em três manejos do solo (plantio direto, plantio convencional e escarificação), MAZETTO et al. (2004) concluíram que o consumo horário de combustível e a patinagem do trator foram maiores onde a operação de semeadura foi realizada em sistema convencional e com escarificação, apresentando maiores exigências trativas, uma vez que nestes manejos houve maior mobilização do solo quando comparado ao sistema de plantio direto.

Avaliando as condições da superfície do solo, GABRIEL FILHO et al. (2010) concluíram que esta interferiu na capacidade do trator em desenvolver a tração, pois a maioria dos parâmetros relacionados com o desempenho apresentou variações estatisticamente significativas ao longo dos ensaios.

NAGAOKA et al. (2002), ao comparar o consumo de combustível de um trator em diferentes tipos de preparo do solo, concluíram que o maior consumo de combustível do trator se deu quando se utilizou o método convencional (aração e gradagem) em relação à área sob o sistema de plantio direto.

SERRANO (2008), ao estudar a utilização de elevadas pressões de inflação dos pneus, concluiu que houve redução da ordem de 3 a 5% na capacidade de trabalho e aumento significativo, entre 10 e 25%, do consumo de combustível por hectare, mesmo em condições de boa aderência dos pneus, refletidas no intervalo de 7 a 15% de patinagem.

Na avaliação do desempenho operacional de um trator agrícola, em área com diferentes tipos de cobertura vegetal, GABRIEL FILHO et al. (2004) concluíram que a maior quantidade de matéria seca na superfície do solo tende a aumentar a patinagem e, com isso, diminuir a eficiência de tração.

Relacionando o consumo específico de combustível para cada equipamento, SALVADOR et al. (2009) concluíram que as operações de preparo do solo, tais com arado, grade aradora e escarificador, 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 trativa e da adequação do equipamento à fonte de potência, de forma simultânea.

LOPES et al. (2005) compararam o desempenho de um trator agrícola 4x2 TDA de 89 kW (121 cv) em função do tipo de pneus (radial, diagonal e de baixa pressão), da condição de lastragem (com e sem água nos pneus) e para quatro velocidades ($M_1 = 1,8 \text{ km h}^{-1}$, $M_2 = 3,1 \text{ km h}^{-1}$, $M_3 = 4,5 \text{ km h}^{-1}$ e $M_4 = 5,0 \text{ km h}^{-1}$). Os resultados obtidos por esses pesquisadores evidenciaram as vantagens para as situações em que o trator estava equipado com pneus radiais.

Segundo SCHLOSSER et al. (2004), na condição de solo mobilizado, as menores patinagens do trator ocorreram nos tratamentos em que este apresentava menor peso nas rodas dianteiras e maiores raios estáticos dos pneus, sendo que o mínimo consumo de combustível foi obtido quando a patinagem estava entre 10 e 15%.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Botucatu, Estado de São Paulo, no NEMPA - Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais, do Departamento de Engenharia Rural, em três pistas de campo, sendo o comprimento de cada uma de 400 m, e largura, de 20 m, totalizando 24.000 m² de área. As pistas apresentavam declividade de 0,3% no sentido do comprimento e niveladas na largura. As coordenadas geográficas da área experimental (ponto central), onde estão às pistas, são: 22°51' S, 48°25' W e altitude de 770 m. O solo da área experimental foi classificado por CARVALHO et al. (1983) como Terra Rocha Estruturada, sendo adaptado à classificação da EMBRAPA (1999), como Nitossolo Vermelho distroférico com relevo plano e textura argilosa.

A mobilização do solo desta área, a semeadura do milho e a cobertura vegetal com os resíduos da colheita da cultura do milho foram realizadas conforme descrito por JESUÍNO (2007).

Os trabalhos foram realizados com um trator John Deere 6600 de 88 kW (121 cv) de potência no motor, a 2.100 rotações por minuto, e com a tração dianteira auxiliar ligada. Foram selecionadas as marchas B1, B2 e C1, que correspondem às velocidades teóricas, sem carga, de 4; 5 e 7 km h⁻¹, respectivamente, conforme consta no painel do trator. Nas Tabelas 1 e 2, mostram-se a massa do trator, a distribuição de peso entre os eixos e a relação entre o peso e a potência do trator equipado com pneus diagonais e com pneus radiais, para as três condições de lastros líquidos.

TABELA 1. Descrição da massa do trator John Deere 6600 equipado com pneus diagonais.
Description of the John Deere 6600 tractor mass equipped with bias ply tires.

Condição de Lastro 1 (0% de água)			
Rodado	Peso (kgf)	Distribuição (%)	Relação Peso/Potência (kg cv ⁻¹)
Dianteiro	2.396	46	43
Traseiro	2.887	54	
Total	5.283		
Condição de Lastro 2 (40% de água)			
Rodado	Peso (kgf)	Distribuição (%)	Relação Peso/Potência (kg cv ⁻¹)
Dianteiro	2.560	47	45
Traseiro	2.887	53	
Total	5.447		
Condição de Lastro 3 (75% de água)			
Rodado	Peso (kgf)	Distribuição (%)	Relação Peso/Potência (kg cv ⁻¹)
Dianteiro	2.756	40	55,5
Traseiro	3.967	60	
Total	6.723		

A pressão de inflação para os pneus radiais foi de 96,5 kPa (14 psi) nos rodados traseiros e 82,7 kPa (12 psi) nos dianteiros, e, para os pneus diagonais, foi de 124,02 kPa (18 psi) nos rodados dianteiros e de 137,8 kPa (20 psi) nos rodados traseiros, conforme recomendação do fabricante dos pneus. O percentual de lastro líquido foi determinado conforme MONTEIRO & ARBEX (2009).

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).

Foram realizadas amostragens do teor de água do solo nas três pistas, nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, com 10 repetições, alocadas de forma aleatória.

TABELA 2. Descrição da massa do trator John Deere 6600 equipado com pneus radiais.
Description of the John Deere 6600 tractor mass equipped with radial tires.

Condição 1 (0% de água)			
Rodado	Peso (kgf)	Distribuição (%)	Relação Peso/Pot (kg cv ⁻¹)
Dianteiro	1.582	44	33,5
Traseiro	2.471	56	
Total	4.053		
Condição 2 (40% de água)			
Rodado	Peso (kgf)	Distribuição (%)	Relação Peso/Pot (kg cv ⁻¹)
Dianteiro	2.466	45	45,4
Traseiro	3.031	55	
Total	5.497		
Condição 3 (75 % de água)			
Rodado	Peso (kgf)	Distribuição (%)	Relação Peso/Pot (kg cv ⁻¹)
Dianteiro	2.662	42	52,3
Traseiro	3.671	58	
Total	6.333		



FIGURA 1. Trator acoplado à UMEB - Unidade Móvel de Ensaio na Barra de tração. **Tractor attached to DBMU - Draw Bar Mobile Unit.**

Para determinar a resistência do solo à penetração, foi utilizada a UMAS - Unidade Móvel de Amostragem de Solo, desenvolvida pelo NEMPA - Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pesquisas Agroflorestais. Os valores médios do teor de água e o índice de cone do solo estão apresentados na Tabela 3.

Para a aquisição e o monitoramento dos sinais obtidos pelos sensores instalados 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.

TABELA 3. Caracterização do solo: Pista 1 - solo mobilizado; Pista 2 - solo com cobertura vegetal, e Pista 3 - solo firme. **Soil Characterization: Track 1 - mobilized soil, Track 2 - soil with vegetal cover and Track 3 - firm soil.**

Característica	Pista 1	Pista 2	Pista 3
Areia (%)	42,8	42,1	41,0
Silte (%)	18,9	16,9	17,0
Argila (%)	38,3	41,0	42,0
Limite de liquidez (%)	33,5	31,8	32,0
Limite de plasticidade (%)	25,8	26,2	25,3
Densidade dos sólidos (g cm^{-3})	3,0	3,1	3,0
Teor de Água kg kg^{-1} 0 - 10 cm	19,1	21,9	19,5
10 - 20 cm	19,8	22,0	19,8
Índice de cone (kPa) 0 - 15 cm	750	1.684	3.629
Massa de matéria seca (kg ha^{-1})	-	10.089	-

Os valores da força na barra de tração foram obtidos através de uma célula de carga marca SODMEX, modelo N400, com sensibilidade de 2,16 mV/V e escala nominal de 100 kN. Essa célula foi instalada no cabeçalho da UMEB para permitir um controle da força de tração necessária para o deslocamento da unidade móvel nos ensaios.

A determinação da patinagem das quatro rodas do trator foi obtida utilizando-se de geradores de pulsos, modelo GIDP-60-U-12V, com uma frequência de 60 pulsos por volta.

Para a medição do consumo horário de combustível, foi utilizado um fluxômetro volumétrico M-III, FLOWMATE, fabricado pela OVAL Corporation do Japão, e distribuído no Brasil pela K&K do Brasil, modelo LSN41L8-M2, vazão de 1 mL pulso⁻¹.

Os sinais gerados pelos sensores foram armazenados no coletor de dados (CLP) e, posteriormente, transferidos para um computador para serem manipulados e analisados.

Para medir a temperatura do combustível, foi utilizado um termômetro de platina tipo PT100, instalado no sistema de alimentação do trator, próximo ao medidor de consumo. O consumo específico de combustível foi determinado considerando a potência exigida, após a passagem em cada uma das parcelas.

O delineamento experimental utilizado foi em faixas (PIMENTEL-GOMES & GARCIA, 2002), constituído pelas pistas e definidas pelas condições da superfície do solo (superfície mobilizada, superfície com cobertura vegetal e superfície firme).

Em cada pista, foram dispostos os tratamentos em blocos ao acaso, com um arranjo fatorial 2x3x3, sendo analisado o tipo construtivo do pneu (Radial e Diagonal), as marchas do trator (B1, B2 e C1) e a condição de lastragem líquida do pneu (0%, 40% e 75% de água), com três repetições por faixa, totalizando 162 unidades experimentais. Esses fatores foram arrançados para permitir a avaliação dos efeitos das variáveis individualmente ou em grupos, sendo todos os dados submetidos à análise de variância, aplicando o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das patinhagens dos rodados do trator, nas três condições de superfície do solo, nas três condições de lastragem líquida e para os dois tipos de pneu, estão apresentados na Tabela 4.

Na pista com superfície mobilizada, a patinagem foi maior, atingindo níveis intermediários na pista com cobertura vegetal, e os menores valores de patinagem ocorreram na pista com superfície firme. Esses resultados mostram que as condições da superfície do solo podem alterar significativamente o esforço trator, pois a tração está diretamente relacionada à patinagem do trator. Diferentes condições da superfície do solo causam diferentes condições de patinagem dos rodados do trator, confirmando os resultados relatados por MAZETTO et al. (2004) e GABRIEL FILHO et al. (2004).

TABELA 4. Valores médios da patinagem do rodado do trator em função do tipo construtivo do pneu para a interação pneu x lastro, na pista com superfície mobilizada (1), pista com cobertura vegetal (2) e pista de solo firme (3). **Average slip of the tractor wheels according to the constructive tire type, for tire x ballast interaction, on mobilized track (1), track with vegetal cover (2) and firm soil track (3).**

	Pista com Superfície Mobilizada (1)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	28,8 aA*	21,4 aB	12,2 aC
Pneu Radial	34,7 aA	13,3 bB	16,5 aB
	Pista com Cobertura Vegetal (2)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	12,1 aA	11,3 aA	9,1 aB
Pneu Radial	15,9 bA	8,3 bB	9,8 aB
	Pista de Solo Firme (3)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	3,3 aAC	8,4 aB	3,2 aC
Pneu Radial	7,7 bA	5,6 bB	5,3 bB

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

O consumo horário de combustível para gerar a potência na barra de tração para tracionar a UMEB está descrito na Tabela 5, que mostra diferença significativa para a interação pneu e lastro, apenas para a condição de 40% de água e na pista com superfície firme, com valores maiores para o pneu diagonal.

O consumo horário de combustível foi maior na pista com superfície mobilizada e semelhante entre as pistas com cobertura vegetal e superfície firme, concordando com os resultados de SALVADOR et al. (2009) e GABRIEL FILHO et al. (2004). A mobilização do solo fez com que o trator consumisse mais combustível para manter a rotação do motor nos níveis desejados para exercer a tração de 25 kN, aproximadamente. NAGAOKA et al. (2002) também observaram maior consumo de combustível do trator em área com solo preparado pelo método convencional (aração e gradagem), em relação à área sob o sistema de plantio direto.

Em relação às condições estudadas de variação do lastro líquido no pneu, não houve diferença estatisticamente significativa entre os tipos construtivos de pneus (diagonal e radial); porém, para a pista com superfície mobilizada (Tabela 6), os menores valores de potência na barra de tração, com diferença significativa, foram obtidos para 0% de lastro, sendo que as outras condições (40 e 75%) não diferiram entre si.

TABELA 5. Valores médios do consumo horário de combustível, Ch ($L h^{-1}$) em função do tipo construtivo do pneu, para a interação pneu x lastro, na pista com superfície mobilizada (1), pista com cobertura vegetal (2) e pista de solo firme (3). **Average fuel consumption, Ch ($L.h^{-1}$) in function of constructive tire type, for tire x ballast interaction on mobilized track (1), track with vegetal cover (2) and firm soil track (3).**

	Pista com Superfície Mobilizada (1)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	17,7 aA*	17,6 aA	16,7 aA
Pneu Radial	17,8 aA	16,6 aB	17,5 aA
	Pista com Cobertura Vegetal (2)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	16,9 aA	16,8 aA	15,9 aA
Pneu Radial	16,5 aA	15,9 aA	16,6 aA
	Pista de Solo Firme (3)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	16,6 aA	16,7 aA	15,8 aA
Pneu Radial	16,2 aAB	15,3 bB	16,4 aA

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

TABELA 6. Valores médios da potência na barra de tração Pb (kW) do trator em função do tipo construtivo do pneu, para a interação pneu x lastro, na pista com superfície mobilizada (1), pista com cobertura vegetal (2) e pista de solo firme (3). **Average tractor draw bar power Pb (kW) in function of constructive tire type, for tire x ballast interaction on mobilized track (1), track with vegetal cover (2) and firm soil track (3).**

	Pista com Superfície Mobilizada (1)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	27,5 aA*	30,1 aAB	32,8 aB
Pneu Radial	23,7 aA	33,1 aB	29,2 aB
	Pista com Cobertura Vegetal (2)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	33,8 aA	33,9 aA	33,7 aA
Pneu Radial	31,2 aA	34,4 aA	33,4 aA
	Pista de Solo Firme (3)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	35,4 aA	35,6 aA	34,6 aA
Pneu Radial	35,6 aA	35,4 aA	37,9 aA

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

A quantidade de combustível para gerar a potência necessária na barra de tração, para tracionar a UMEB, entre as três condições de superfícies, foi diferente, sendo que os maiores valores de consumo específico de combustível ocorreram na pista com superfície mobilizada, seguida da pista com cobertura vegetal e pela pista com superfície firme, conforme mostram os dados da Tabela 7.

TABELA 7. Valores médios do consumo específico de combustível Cesp (g kW h^{-1}), do trator, em função do tipo construtivo do pneu, para a interação pneu x lastro, na pista com superfície mobilizada (1), pista com cobertura vegetal (2) e pista de solo firme (3). **Average of specific fuel consumption, Cesp (g.kW.h^{-1}), in function of constructive tire type, for tire x ballast interaction on mobilized track (1), track with vegetal cover (2) and firm soil track (3).**

	Pista com Superfície Mobilizada (1)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	539,1 aA*	492,6 aA	428,7 aB
Pneu Radial	642,0 bA	419,2 bB	511,4 bC
	Pista com Cobertura Vegetal (2)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	421,3 aA	416,1 aA	396,5 aA
Pneu Radial	447,3 aA	386,6 aB	422,2 a AB
	Pista de Solo Firme (3)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	394,9 aA	394,9 aA	381,2 aA
Pneu Radial	393,9 aA	361,6 bB	365,1 bB

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

A mobilização do solo diminuiu a capacidade do trator em desenvolver a tração, pois o solo desagregado não ofereceu a mesma reação quando comparado com o mesmo tipo de solo em que não houve a desagregação das partículas. Essa situação requer mais energia do trator para a tração e, com isso, maior consumo específico de combustível, para manter a velocidade do trator, conforme também foi relatado por NAGAOKA et al. (2002).

Em relação às condições estudadas de lastro líquido no pneu, não houve diferença estatisticamente significativa entre os tipos de pneu (diagonal e radial); porém, para a pista com superfície mobilizada e com pneu radial, os menores valores de rendimento na barra de tração, com diferença estatisticamente significativa, foram obtidos para 0% de água, sendo que as outras condições (40 e 75%) não diferiram entre si, conforme mostra a Tabela 8.

TABELA 8. Valores médios do rendimento na barra de tração do trator Rbt (%), em função do tipo construtivo do pneu, para a interação pneu x lastro, na pista com superfície mobilizada (1), pista com cobertura vegetal (2) e pista de solo firme (3). **Average tractor draw bar income Rbt (%) in function of constructive tire type, for tire x ballast interaction on mobilized track (1), track with vegetal cover (2) and firm soil track (3).**

	Pista com Superfície Mobilizada (1)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	31,2 aA*	34,2 aAB	37,3 aAB
Pneu Radial	26,9 aA	37,6 aB	33,2 aB
	Pista com Cobertura Vegetal (2)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	38,4 aA	38,6 aA	38,3 aA
Pneu Radial	35,5 aA	39,1 aA	38,0 aA
	Pista de Solo Firme (3)		
	Água (%)		
	0	40	75
Pneu Diagonal	40,3 aA	40,4 aA	39,3 aA
Pneu Radial	39,3 aA	40,2 aA	43,1 aA

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

CONCLUSÕES

Os menores valores de patinagem e consumo horário de combustível foram obtidos para a lastragem com 40% de água, quando o trator estava equipado com pneus radiais. Os tratamentos com solo mobilizado apresentaram os maiores valores de patinagem e de consumo horário de combustível, mostrando que esta condição superficial do solo foi responsável pelo menor desempenho do trator. O melhor desempenho do trator, quando equipado com pneu diagonal, ocorreu com a lastragem líquida de 75% de água nos pneus. As pistas com superfície firme e com cobertura vegetal apresentaram resultados de desempenho operacional e energético semelhantes na maioria das condições estudadas.

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. Online.
- 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 Agronômicas da UNESP*, Botucatu, n.1, p.1-85, 1983.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999. 412 p.
- 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. Online.

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. Online.

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.

JESUÍNO, P.R. *Desempenho de um trator agrícola em função do desgaste das garras dos pneus e das condições superficiais do solo*. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

LOPES, A.; LANÇAS, K.P.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A.; NAGAOKA, A.K. ; REIS, G.N. Desempenho de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.2, p.366-370, 2005. Online.

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*, Sorocaba, v.24, n.3, p.750-757, 2004. Ojline.

MONTEIRO, L.A.; ARBEX, P.R. *Operação com tratores agrícolas*. Botucatu: Ed. dos Autores, 2009.76 p.

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.

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.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais*: Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq, 2002. 309 p.

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. Online.

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

SCHLOSSER, J.F.; LINARES, P.; MARQUEZ, L. Influence of the kinematics advance on the traction efficiency of the front wheel assist tractor. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.6, p.1.801-1.805, 2004. Online.

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