

# DESEMPENHO DE TRAÇÃO DE UM TRATOR AGRÍCOLA (2RM) EM SOLO ALUVIAL<sup>1</sup>

ALÚÍSIO BIANCHINI<sup>2</sup>, EVANDRO CHARTUNI MANTOVANI<sup>3</sup>, PETER JOHN MARTYN<sup>4</sup>, PAULO ROBERTO CECON<sup>5</sup>,  
LUCIANO BAIÃO VIEIRA e GUTEMBERG PEREIRA DIAS<sup>4</sup>

RESUMO - O trabalho teve o objetivo de avaliar o desempenho de um trator agrícola 2RM, em solo Aluvial. O delineamento experimental adotado foi um fatorial (3x2x2), sendo três níveis de umidade do solo (36,3, 41,7 e 49,1%), dois níveis de cobertura vegetal (2.561 e 3.690 kg/ha) e dois níveis de profundidade de trabalho (27,1 e 33,1 cm), com três repetições. O nível de umidade 36,3% apresentou o maior risco de compactação. A eficiência trativa apresentou diferenças significativas, entre níveis de umidade, apenas na maior profundidade de trabalho (33,1 cm), na presença de 3.690 kg/ha de cobertura vegetal. A profundidade de trabalho influenciou todos os parâmetros estudados na avaliação de desempenho do trator.

## TRACTION PERFORMANCE OF AN AGRICULTURAL TRACTOR (2 WD) ON ALLUVIAL SOIL

ABSTRACT - The objective of this research was to evaluate the performance of an agricultural tractor 2 WD, on Alluvial soil. The experimental design adopted was a factorial (3x2x2), with three levels of soil moisture (36.3, 41.7 and 49.1%), two vegetation covering amounts and two working depths, with three replications. Soil moisture of 36.3% presented the highest risk of compaction. The tractive efficiency showed significant difference among moisture levels only for 33.1 cm depth, in the presence of 3,690 kg/ha of vegetation covering. Work depth influenced all parameters studied in the evaluation of tractor performance.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 16 de março de 1998.

Extraído da Tese apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa.

<sup>2</sup> Eng. Agr., M.Sc., Dep. de Solos e Eng. Rural, UFMT, CEP 78069-900 Cuiabá, MT. E-mail: bianchi@cpd.ufmt.br

<sup>3</sup> Eng. Agr., Ph.D., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG. E-mail: evandro@cnpmc.embrapa.br

<sup>4</sup> Eng. Agr., Dr., Dep. de Eng. Agr., Universidade Federal de Viçosa (UFV), CEP 36570-000 Viçosa, MG.

<sup>5</sup> Matemático, Dr., Dep. de Matemática, UFV.

A utilização intensiva das várzeas, com emprego de mecanização tratorizada, trouxe problemas, principalmente aqueles relacionados à interação solo-máquina, que, via de regra, culminam com a queda da produtividade agrícola nessas áreas (Mondadore & Taylor, 1980).

Estudos demonstram haver uma drenagem deficiente nos solos de várzea, dificultando os trabalhos de preparo, o que leva agricultores a utilizarem cada vez mais, segundo Mantovani (1987), tratores de grande porte, que aumentam a compactação do solo e consomem grande quantidade de energia, além de resultarem em baixo rendimento da máquina, dada a falta de aderência entre o solo e o rodado do trator.

Condições de solo tais como umidade e cobertura vegetal podem interferir na eficiência trativa. Malcolm et al. (1985), trabalhando em solo argiloso com umidade variando entre 16,8 e 24,8% e carga dinâmica sobre o rodado motriz de 61,7 kN, obtiveram eficiências trativas oscilando entre 68,8 e 74,5%, com patinagem de 19 a 10%, respectivamente.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o desempenho de um trator agrícola 2RM, em solo Aluvial, bem como determinar a faixa de teor de umidade do solo que permita maximizar a eficiência trativa nas operações de preparo do solo e minimizar a compactação do solo causada pelo trator.

Este trabalho foi desenvolvido em solo Aluvial, de textura argilo-siltosa (9% de areia, 44% de silte e 47% de argila), na Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, em uma área de 0,45 ha de várzea cultivada com arroz irrigado no ano anterior.

A delimitação da área experimental foi feita utilizando-se trincheiras para análise do perfil do solo quanto à variação de textura. Após a delimitação, foram coletadas amostras do solo e feitas as seguintes análises para caracterização da área experimental: granulometria, densidade do solo, curva de retenção de água, capacidade de campo, de acordo com métodos descritos no manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 1979), e os limites de Atterberg, segundo método descrito por Stancati et al. (1981). Também foram levantadas as curvas

de compactação do solo, em três níveis distintos de energia de compactação ( $335 \text{ kJ/m}^3$ ), segundo normas da American Society Technical Materials, de acordo com relatos de Head (1992) e Das (1983).

A área experimental foi subdividida em 36 parcelas de  $72 \text{ m}^2$  de área útil, para comportar um delineamento fatorial composto de três níveis de umidade (36,3%, 41,7% e 49,1%), dois níveis de cobertura vegetal sobre o solo (2.561 kg/ha e 3.690 kg/ha), dois níveis de profundidade de trabalho (27,1 cm e 33,1 cm) e três repetições. Os valores de umidade foram adotados em função do ponto de murcha permanente (37,7%) e da capacidade de campo (46,5%) e a profundidade, mediante ensaios preliminares, usando-se limitadores no sistema hidráulico do implemento que foi utilizado para oferecer resistência à tração do trator.

O comboio de ensaio foi montado utilizando-se um trator 2 RM, Massey Ferguson, modelo 297, com potência máxima de 81 kW e 41,62 kN de peso sobre rodado motor, dotado de pneus agrícolas, tipo R1, e de um escarificador com cinco hastes, largura de trabalho de 1,8 m e 12,2 kN de peso, cuja finalidade foi oferecer resistência de tração ao trator.

A coleta de dados foi realizada por meio da montagem, a bordo do trator, de um sistema automático de aquisição e armazenamento de dados ligado a sensores para medir: consumo de combustível, velocidade angular do motor, força na barra de tração do trator, profundidade de trabalho do implemento e velocidade real do trator.

A coleta de dados foi realizada no mês de julho, quando não chove na região e a várzea atinge seu nível de umidade mais baixo. Foram estabelecidos a priori os níveis de 36, 43 e 50% de umidade do solo. Para a coleta de dados no nível mais baixo de umidade, aguardou-se que o solo perdesse umidade até atingir este nível; nos outros dois níveis de umidade foram feitas irrigações para que atingissem os números desejados. A determinação da umidade das parcelas foi feita pelo método de estufa, produzindo uma diferença entre os valores obtidos de 36,3, 41,7 e 49,1% e os valores preestabelecidos, dada a defazagem de um dia entre a amostragem e a coleta de dados, quando nova amostra de solo era retirada para determinação da umidade do solo durante o ensaio.

Os dados coletados permitiram determinar a força de tração na barra, a velocidade real do trator e a patinagem, o consumo de combustível, potência na barra de tração, a potência na TDP - Tomada de Potência (usando-se curvas de potência pré-determinadas, para o trator utilizado, que tem como dados de entrada a velocidade angular do motor e o consumo de combustível), o coeficiente de tração e a eficiência tratorária, relativa à TDP.

As umidades de compactação máxima foram de 34,5% para a energia de compactação de  $592 \text{ kJ/m}^3$  e 36% para energia de  $355 \text{ kJ/m}^3$ . Observou-se que esses teores de umidade estavam próximos dos valores encontrados de limite de plasticidade do solo (32,8%), corroborando as conclusões obtidas por Mondadore & Taylor (1980), quando afirmaram que a compactação do solo causada pelo tráfego de máquinas ocorre principalmente quando o teor de umidade está próximo ao limite de plasticidade.

As análises de variância dos dados obtidos para força de tração e potência na barra, coeficiente de tração e eficiência tratorária, são apresentadas na Tabela 1.

**TABELA 1. Resumo da análise de variância dos dados utilizados na avaliação do desempenho do trator.**

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios			
		Força de tração	Potência na barra	Coefficiente de tração	Eficiência tratorária
Umidade	2	8.502.093,444	8,876	38,752	25,216
Cobertura	1	258.065,000	0,260	1,284	85,193
Umid. x Cob.	2	1.707.334,333	0,358	8,215	24,333
Profundidade	1	261.188.695,111**	151,865**	1.211,040**	969,285**
Umid. x Prof.	2	295.699,111	1,189	3,978	50,224
Cob. x Prof.	1	1.814.409,000	2,026	9,000	90,948
Umid. x Cob. x Prof.	2	549.652,000	0,097	2,521	100,814*
Resíduo	24	2.756.291,889	1,903	12,660	26,674

\* e \*\* Teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Os valores obtidos de força de tração na barra, de 12,77 kN e 18,16 kN, nas profundidades de solo de 27,1 cm e 33,1 cm, respectivamente, apresentaram diferenças significativas, pelo teste F a 1% de probabilidade. A variação da força de tração, em função da profundidade de trabalho, é representada, segundo Kiss & Bellow (1981), por uma expressão quadrática, o que explica o fato de a força de tração ter sofrido grande variação entre as profundidades de trabalho utilizadas.

Houve uma tendência de aumento da força de tração exigida nos teores de umidade de 41,7 e 49,1%, em relação ao teor de umidade de 36,3%. Este resultado, possivelmente, está associado ao fato de que o teor de umidade se encontra bem próximo ao do limite de plasticidade do solo (32,8%), ao passo que aqueles estão numa faixa de umidade próxima à do limite de liquidez (60,7%), o que representa maior adesividade do solo ao órgão ativo do implemento utilizado, oferecendo maior resistência à manipulação (Gill, 1967).

As médias do coeficiente de tração, de 40,91% e 29,3% obtidas com as profundidades de trabalho, respectivamente, de 33,1 cm e 27,1 cm foram significativamente diferentes a 1% de probabilidade pelo teste F. Esta variação se deve ao fato de que ao aumentar a profundidade de trabalho do implemento há acréscimo na força de tração e, conseqüentemente, melhor aproveitamento da carga dinâmica sobre o rodado motriz do trator.

A profundidade de trabalho também influenciou a potência desenvolvida na barra de tração do trator. Os valores encontrados foram de 17,91 kW com a profundidade de 27,1 cm, e de 22,02 kW na de 33,1 cm, valores que diferiram estatisticamente, pelo teste F, a 1% de probabilidade.

As potências obtidas na barra foram de 19 kW, 20,67 kW e 20,23 kW nos tratamentos de umidades de 36,3, 41,7 e 49,1% respectivamente. Utilizando-se de regressão múltipla, a equação encontrada para a potência na barra (Pb, kW), em função da umidade do solo (U, %) e da profundidade de trabalho (P, cm), cujos coeficientes de regressão foram significativos a 5% de probabilidade, pelo teste t, é a seguinte:

$$Pb = -55,97 + 2,563*U - 0,028*U^2 + 0,685*P \quad (r^2 = 0,9681).$$

A eficiência tratória a exemplo dos outros parâmetros analisados, também sofreu influência da profundidade de trabalho. Os valores encontrados variaram entre 72,25 e 50,14%, com patinagens oscilando entre 9,9 e 20,6%, respectivamente, apresentando um coeficiente de correlação de -78,44%, demonstrando que a patinagem influenciou negativamente na eficiência tratória. Vários autores, entre eles Zoz (1972); Wismer & Luth (1974); Domier & William (1978); e Raghavan & Mckyes (1979) demonstraram que a eficiência tratória é função da patinagem e atinge valor máximo para um dado valor de patinagem, decrescendo quando esta se afasta deste valor.

Além do fator profundidade de trabalho, a interação umidade x cobertura x profundidade de trabalho apresentou significância de 5% de probabilidade pelo teste F, para os dados de eficiência tratória (Tabela 1). Na cobertura vegetal de 3.690 kg/ha nos níveis de umidade de 41,7% e 49,1% não houve diferença significativa entre a eficiência tratória dos dois níveis de profundidade (Tabela 2). Tais resultados levam a crer que na profundidade de trabalho de 33,1cm, os maiores níveis de umidade do solo e de cobertura vegetal permitiram maior aderência entre o solo, cobertura vegetal e pneu do trator.

As eficiências tratórias obtidas nos ensaios, quando comparadas com as calculadas, por meio das equações desenvolvidas por Wismer & Luth (1974), apresentaram um coeficiente de correlação entre si de 90%, no nível de 36,3% de umidade. Nos demais níveis de umidade não houve correlação.

As equações desenvolvidas por Wismer & Luth (1974) foram utilizadas para prever a eficiência tratória de tratores, nas condições de um solo Aluvial, com baixos níveis de umidade, e mostram ser adequadas.

A eficiência tratória atingiu valores máximos (70,95 e 72,25%) na faixa de umidade entre 41,7 e 49,1%, com valores de patinagem oscilando entre 9,9 e 11,0%.

**TABELA 2. Valores médios de eficiência tratória, em percentagem, para o trator Massey Ferguson 297-2RM, em diferentes condições de umidade, cobertura (C) e profundidade de solo (P), em Solo Aluvial<sup>1</sup>.**

Umidade (%)	Eficiência Tratória (%)			
	C: 2.561 kg/ha		C: 3.690 kg/ha	
	P: 27,1 cm	P: 33,1 cm	P: 27,1 cm	P: 33,1 cm
36,3	68,36a	56,48b	68,65a	50,14b
41,7	72,25a	55,37b	63,88a	63,38a
49,1	70,95a	59,04b	60,56a	57,68a

<sup>1</sup> As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha, para o mesmo nível de cobertura, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

## REFERÊNCIAS

- DAS, B.M. **Advanced soil mechanics**. Washington, DC: Hemisphere Publishing Corporation, 1983. 511p.
- DOMIER, K.W.; WILLIAMS, A.E. Tractive efficiency maximum or optimum. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.21, n.4, p.650-653, 1978.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979.
- GILL, W.R. Soil-implement relations. In: ASAE WINTER MEETING, 1967, Detroit. **Proceedings ...**, Detroit: ASAE, 1967. p.43-46.
- HEAD, K.H. **Manual of soil laboratory testing**. 2.ed. New York: John Wiley, 1992. v.1, 388p.
- KISS G.C.; BELLOW, D. An analysis of forces on cultivator sweeps and spikes. **Canadian Agricultural Engineering**, Ottawa, v.23, n.2, p.77-83, 1981.
- MALCOLM, K.G.; BILL, A.S.; SEAURCY, S.W. Instrumentation package for monitoring tractor performance. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.28, n.2, p.346-355, 1985.
- MANTOVANI, E.C. Compactação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.52-53, 1987.
- MONDADORE, H.; TAYLOR, J.C. Compactação na unidade de solo Vacacaí I. **Lavoura Arrozeira**, v.33, n.320, p.48-55, 1980.
- RAGHAVAN, G.S.V.; McKYES, E. Performance to traction wheels in a clay soil. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.22, n.2, p.229-231, 1979.
- STANCATI, G.; NOGUEIRA, J.B.; VILAR, O.M. **Ensaio de laboratório em mecânica de solos**. São Paulo: EPU/USP, 1981. 208p.
- WISMER, R.D.; LUTH, H.J. Off-road traction prediction for wheel led vehicles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.17, n.1, p.8-14, 1974.
- ZOZ, F.M. Predicting tractor field performance. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.15, n.2, p.249-255, 1972.