

COMPARAÇÃO DO COEFICIENTE DE TRAÇÃO E DA EFICIÊNCIA TRATÓRIA DE UM TRATOR AGRÍCOLA OBTIDOS PELA EQUAÇÃO DE WISMER E LUTH E POR ENSAIOS DE CAMPO

RIGOBERTO RUIZ DIAS ACUNA², EVANDRO CHARTUNI MANTOVANI³,
PETER JOHN MARTYN⁴ e SERGE BERTAUX⁵

RESUMO - Este trabalho foi realizado visando determinar o coeficiente de tração e a eficiência tratória de um trator agrícola num Latossolo Vermelho-Escuro, por meio de ensaio de campo e compará-los com os obtidos pela equação de Wismer & Luth (1973). Foram determinados a força de tração na barra, a potência na barra e na TDP, o consumo de combustível, velocidade de avanço, patinagem e a rotação do eixo do motor. Os resultados das comparações efetuadas mostraram que houve uma correlação de 74% entre os valores observados e calculados da força de tração e indicando ser a equação válida para as condições em que foi realizado este trabalho.

Termos para indexação: análise dimensional, eficiência tratória, consumo de energia, simulação da força de tração, desempenho de trator.

COMPARISON OF TRACTION COEFFICIENT AND TRACTION EFFICIENCY OBTAINED BY THE WISMER AND LUTH (1974) EQUATION AND BY FIELD TRIALS

ABSTRACT - The objective of this work was to determine the traction coefficient and the tractive efficiency of an agricultural tractor on a Dark Red Latosol by means of field trials and compare them to those obtained with Wismer & Luth (1973) equation. The following data were determined: drawbar pull, drawbar and PTO power, fuel consumption, forward speed, wheel slip and engine RPM. The results showed that there was a correlation of 74% between the observed and calculated drawbar pull values indicating that the equation can be considered valid under the conditions of this work.

Index terms: dimensional analysis, tractive efficiency, energy consumption, prediction of the tractive efficiency, tractor performance.

INTRODUÇÃO

Os tratores agrícolas têm seu desempenho avaliado pela força de tração e da potência na TDP e na

barra de tração, do coeficiente e da eficiência de tração, da patinagem das rodas motrizes e do consumo específico de combustível, etc. A tração é influenciada diretamente pelo sistema roda-solo e depende das características e condições de ambos. Dentre as propriedades do solo que mais influenciam o desempenho do trator pode-se mencionar a textura, as condições de superfície e a umidade. Dentre as características das rodas que influenciam o desempenho do trator, pode-se mencionar a largura e diâmetro do pneu, a pressão interna do pneu, o desenho da banda de rodagem, e a carga normal sobre as rodas motrizes.

Equações de tração de veículos agrícolas, Wismer & Luth (1973), constituem parte essencial na simulação do rendimento de tratores agrícolas. Elementos

¹ Aceito para publicação em 3 de fevereiro de 1995.

² Eng. Agr., M.Sc., Prof., Univ. Nacional de Asunción, Casilla de Correos 1618 - Asunción - Paraguay

³ Eng. Agr., Ph.D., EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG.

⁴ Eng. Agr., Ph.D., Prof. Titular, Univ. Fed. de Viçosa, CEP 36570-000 Viçosa, MG.

⁵ Eng. Mec., EMBRAPA/CNPMS, Consultor em Mecanização Agrícola - Convênio EMBRAPA/CIRAD.

tos da máquina, controlados pelo homem, como motores e transmissão, foram compreendidos e definidos matematicamente por um longo tempo. Fenômenos na interface de pneu-solo não foram ainda bem compreendidos. A porção dinâmica de uma simulação deve incluir relações matemáticas de torque do pneu, força de tração e patinagem.

Vários autores vêm apresentando modelos para determinar força de tração e eficiência tratoria por diferentes métodos demandando níveis variados de complexidade para sua utilização no campo.

O modelo proposto por Wismer & Luth (1973), desenvolvido com base na análise dimensional, vem sendo utilizado para prever o comportamento de tratores em condições de campo. Esse modelo é de fácil emprego no campo para estimar a força de tração de um trator. Esta pode ser obtida, determinando-se a resistência do solo, a penetração, a carga dinâmica sobre o rodado e a patinagem das rodas que desenvolvem esforço tratorio, e utilizando as dimensões do pneu.

Objetivou-se, neste trabalho determinar o coeficiente de tração e a eficiência tratoria de um trator agrícola, num Latossolo Vermelho-Escuro, por meio de ensaios de campo, e compará-los com os mesmos parâmetros obtidos pela equação de previsão de Wismer & Luth (Análise Dimensional) da força de tração na barra de tração do trator.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental e solo

O presente trabalho foi conduzido em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, fase cerrado, localizado no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA), no Município de Sete Lagoas, MG.

A área total utilizada com o experimento foi de, aproximadamente, 0,65 ha, com declividade de 0,46% a 1,76% estando o terreno com cobertura vegetal constituída por restos de cultura de sorgo e vegetação natural rala. Para melhor caracterização das condições da área e do solo, além dos itens já citados, foram determinadas as seguintes propriedades do solo: densidade aparente e real, porosidade total (macro e microporos) e granulometria. Foram, também, determinados o teor de umidade e o índice de cone, quando da realização dos ensaios.

Comboio de ensaio

Os ensaios de campo foram realizados utilizando-se um trator Massey Ferguson 292 (4x4) Turbo, de tração dianteira auxiliar desligada, equipado com pneus Firestones (18,4 - 34 na parte traseira e 14,9 - 24 na dianteira, inflados a 110 kPa e 100 kPa, respectivamente), e submetido à carga estática de 34,8 kN sobre o eixo motor, trabalhando com um escarificador da marca "Semeato", Modelo ICR 5/5, com cinco hastes (12,26 kN: de peso) e 1,8 m de largura de trabalho e até 30 centímetros profundidade.

Instrumentação do trator

Foram instalados no trator os seguintes instrumentos de aquisição de dados:

a. conjunto dinamométrico para medição da força de tração disponível na barra, composto por:

- célula de carga com extensômetro de resistência elétrica, marca "Kratos", com capacidade para 98 kN;
- sistema de aquisição e armazenamento de dados "Delta Logger", com 128 kbytes de RAM, 64 vias de entradas de sensores e uma conexão RS 232 para comunicação com o computador;

b. conjunto de sensores magnéticos para determinação das rotações das rodas motrizes;

c. conjunto odométrico constituído por uma roda pneumática de 0,98 m de perímetro, equipada com sensores magnéticos para determinação da distância real percorrida;

d. medidor volumétrico de consumo de combustível;

e. conjunto de sensores magnéticos para determinação das rotações do motor; e

f. cronômetro integrado ao "Delta Logger" para o registro do tempo de cada ensaio.

O trator, o escarificador e os instrumentos de aquisição de dados foram dispostos formando um conjunto denominado "comboio de ensaio" (Fig. 1).

Equipamentos para caracterização do solo

Os equipamentos para caracterização da área experimental utilizada durante os ensaios foram:

- a. amostrador de solo, tipo Uhland;
- b. penetrógrafo, marca "Stiboka", de registro contínuo;
- c. nível, marca "Wild", para determinação da declividade da área de ensaio.

Caracterização das condições do campo

Para uniformizar o teor de umidade do solo da área experimental, esta foi irrigada até, aproximadamente,

70 mm, com o auxílio de equipamento de irrigação por aspersão, cerca de 72 horas antes de serem realizados os ensaios de campo. A área foi dividida em doze faixas de 100 m de comprimento e 5 m de largura (Fig. 2). Nas cabeceiras, e no sentido de deslocamento do trator, foi deixado um intervalo de 10 m para a manobra do comboio de ensaio.

Caracterização das condições do solo

Para caracterização das condições do solo, foram determinadas as seguintes propriedades: densidade aparente e real, porosidade total (macro e microporos), granulometria, e teor de umidade. As determinações foram feitas de acordo com métodos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1979).

Parâmetros determinados:

Nos ensaios de campo foram determinados os seguintes parâmetros:

- força de tração na barra de tração (Ft);
- potência na barra de tração (Pb);
- consumo de combustível;
- coeficiente de tração (Rdt);
- patinação (S);
- eficiência tratória (TE).

Determinação da força de tração na barra:

Para medir a força de tração na barra do trator foi utilizada a célula de carga, em conexão com o "Delta logger". Os dados armazenados, com o intervalo de um segundo,

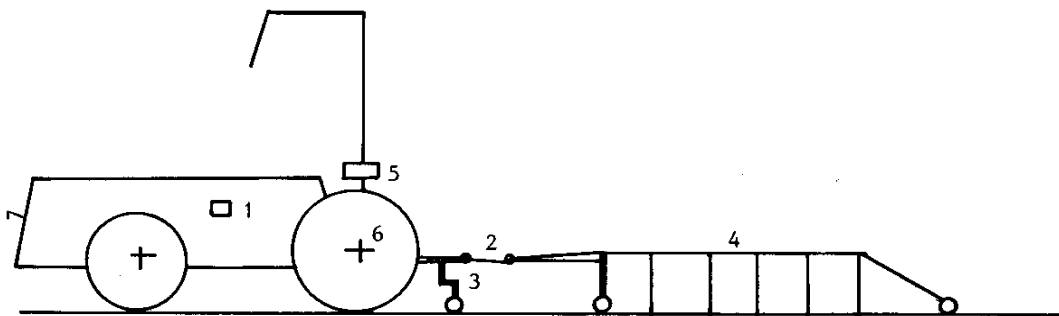


FIG. 1. Localização dos equipamentos de bordo no comboio de ensaio: (1) Medidor de combustível; (2) Célula de carga; (3) Roda odométrica; (4) Escarificador; (5) Delta Logger; (6) Sensor da roda motriz; (7) Sensor da árvore do motor.

A	C I P	G	C 2 P
B	C 2 S	H	C I P
C	C I S	I	C 2 B
D	C 2 P	J	C I S
E	C 2 P	K	C I P
F	C 2 S	L	C I S

FIG. 2. Divisão da área experimental.

foram transferidos para a memória de um microcomputador portátil, no próprio local dos testes.

Determinação das velocidades real (Va) e teórica (Vt) de avanço de comboio:

$$Va = 2n No Rro / t \quad \text{eq.2}$$

$$Vt = 2n Nm Rrm / t \quad \text{eq.3}$$

em que:

No, Nm = número de voltas da roda odométrica ou da motriz;

Rro, Rrm = raio de rolamento da roda odométrica ou da motriz (determinados conforme norma ASAE 5296.3);

t = tempo de duração do ensaio, s.

Determinação da patinagem:

A patinagem é expressa, em percentagem, pela equação:

$$S = (1 - Va/Vt) 100 \quad \text{eq.4}$$

Determinação do consumo de combustível:

A determinação do consumo de combustível foi feita por meio de uma câmara de medição volumétrica equipada de um sistema eletrônico que envia ao "Delta Logger" um pulso a cada mililitro consumido pelo motor.

Potência disponível na barra de tração:

A potência disponível na barra de tração (Pb) foi calculada em função da força de tração na barra de tração (Ft), e a velocidade atual de avanço do comboio (Va), por ocasião de cada ensaio.

$$Pb = Ft Va \quad \text{eq.5}$$

Determinação da potência na tomada de potência (TDP)

A potência na TDP foi determinada conforme método da EMBRAPA (1988), com base no consumo de combustível (l/h) e no número de rotações do motor por minuto (rpm) por ocasião de cada ensaio. Os valores de consumo de combustível e número de rotações por minuto do motor foram monitorados pelos respectivos sensores (Fig. 1) e armazenados com o "Delta Logger", durante os ensaios de campo. Posteriormente, os valores da potência foram calculados com a seguinte equação de calibração, obtida em testes preliminares num dinamômetro acoplado à TDP e com o motor operando a

1.700 rpm:

$$Pt = -12,2701 + 4,151004 Ch \quad \text{eq.6}$$

em que:

Pt = potência do trator na TDP, em kW;

Ch = consumo de combustível, em l/h.

Coefficiente de tração:

O coeficiente de tração é definido como a razão entre a força de tração na barra de tração do trator, e a carga dinâmica sobre as rodas motrizes, ASAE S296.3 (American Society of Agricultural Engineers, 1989), sendo obtida por:

$$Rdt = (Ft/W) 100 \quad \text{eq.7}$$

em que:

$$W = We + (Ft Y/X) \quad \text{eq.8}$$

em que:

We = carga estática sobre as rodas motrizes em N;

Y = altura da linha de tração em m; e

X = distância entre eixos do trator, em m.

Eficiência tratória relativa a tomada de potência

A eficiência tratória foi calculada considerando-se a potência na tomada de potência, devido à falta de equipamentos necessários para medir a potência no eixo das rodas motrizes do trator. Assim, neste caso, a eficiência tratória é a razão entre a potência na barra de tração (Pb) e a potência medida na tomada de potência (Pt) do trator.

$$TE = Pb/Pt \quad \text{eq.9}$$

Delineamento experimental

O experimento foi montado seguindo o delineamento em blocos casualizados, com dois níveis de carga dinâmica (35,8 e 38,4 kN), dois níveis de condição da superfície do solo, conforme mostrado na Figura 2, e três repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da umidade e de densidade aparente do solo, por ocasião dos testes, faixas utilizadas nos ensaios para respectivas faixas de profundidade, constam da Tabela 1. Os coeficientes de variações (CV) nas diferentes camadas de solo foram baixos, podendo-se afirmar que tanto a umidade como a densidade aparente eram uniformes em todas as faixas da área experimental.

TABELA 1. Valores médios do teor de umidade, em percentagem, densidade aparente (g/cm⁻³) e porosidade para o Latossolo Vermelho-Escuro.

Faixa	Profundidade (cm)	Teor de umidade do solo (%)	Densidade Aparente (g/cm ⁻³)	Porosidade	
				Macro %	Micro %
A	0-10	26,40	1,09	14,92	27,23
	10-20	26,47	1,03	16,56	35,88
	20-30	26,73	1,03	16,47	35,61
B	0-10	25,07	1,15	11,52	38,06
	10-20	26,30	1,14	13,74	38,09
	20-30	27,43	1,06	16,85	36,75
C	0-10	26,47	1,09	15,24	38,18
	10-20	27,50	1,02	19,48	34,46
	20-30	28,27	1,05	16,85	36,48
D	0-10	26,30	1,14	12,67	38,27
	10-20	26,47	1,06	17,23	34,80
	20-30	27,80	1,07	16,91	36,58
E	0-10	27,17	1,10	15,52	37,18
	10-20	27,27	1,06	17,72	34,66
	20-30	29,13	1,08	14,94	37,74
F	0-10	27,20	1,12	15,53	37,64
	10-20	27,93	1,10	15,61	35,65
	20-30	28,20	1,09	14,32	38,04
G	0-10	26,93	1,09	15,45	38,05
	10-20	26,67	1,10	15,91	37,15
	20-30	28,63	1,13	12,68	37,75
H	0-10	27,23	1,15	14,10	38,27
	10-20	26,83	1,14	13,39	38,39
	21-30	28,77	1,19	11,07	38,85
I	0-10	27,37	1,05	18,13	137,97
	10-20	28,33	1,15	13,28	38,23
	20-30	29,57	1,14	11,83	37,75
J	0-10	26,83	1,06	20,70	56,52
	10-20	27,70	1,02	21,85	34,42
	20-30	29,30	1,14	13,70	38,61
K	0-10	28,30	1,03	18,65	37,01
	10-20	27,63	1,02	20,45	35,47
	20-30	29,57	1,10	14,86	37,46
L	0-10	28,30	1,05	15,16	38,02
	10-20	28,93	1,05	18,41	36,77
	20-30	30,07	1,03	19,40	36,05
Coef. de variação todas as faixas	0-10	3,72%	3,72		
	10-20	3,00%	4,65%		
	20-30	3,43%	4,52%		

Os valores de índice de cone (CI), nas diferentes faixas da área experimental, média de 150 observações (Tabela 2), indicam uniformidade das condições do solo, em termos de resistência a penetração cujo coeficiente de variância foi de 13%, em média.

A área experimental apresentou classificação textural Argila, homogênea na faixa de 0 a 20 cm de profundidade, que é a de maior interesse para as equações desenvolvidas por Wismer & Luth (1973) entre as propriedades do solo que influenciam o desempenho de tratores agrícolas.

TABELA 2. Valores de índice de cone (N/cm²), nas diferentes faixas de ensaios, no Latossolo Vermelho-Escuro.

Repe- tição	Faixa											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	80,53	125,80	124,00	97,13	91,80	143,33	124,73	148,67	144,80	112,20	93,02	111,00
2	88,20	135,00	115,67	110,40	95,27	132,98	61,20	111,93	117,47	115,06	99,20	134,53
3	96,93	132,60	96,33	127,93	61,00	116,93	78,80	126,47	99,93	134,06	81,06	99,06
4	113,00	114,87	95,27	126,00	97,00	101,80	105,07	118,87	112,33	102,00	87,60	79,80
5	82,27	134,47	94,20	111,67	108,93	100,53	68,00	81,67	122,87	116,06	60,73	79,02
6	121,53	126,67	104,53	126,20	121,60	127,40	76,00	110,20	134,13	104,60	62,06	68,04
7	113,07	135,60	89,27	110,67	93,73	106,40	87,93	107,47	114,13	149,00	78,60	60,00
8	80,07	124,40	126,47	129,40	1,13	108,60	108,33	88,80	126,00	147,20	93,13	110,53
9	115,00	141,87	129,93	81,00	92,60	127,67	88,07	118,53	92,80	98,00	92,27	129,73
10	104,00	122,53	114,53	97,47	100,27	107,67	97,13	111,53	126,87	135,04	77,06	120,60
Med.	99,46	129,38	109,02	111,79	95,41	117,53	89,53	112,41	119,13	121,76	82,88	99,03
CV.	15,10	5,81	13,04	13,72	15,28	11,74	20,77	15,72	12,28	14,81	15,06	24,09

OBS: CV = Coeficiente de variação

Os parâmetros medidos no campo, durante os ensaios, no geral, apresentam c.v. baixos, atribuindo-se esse fato, por um lado, às condições homogêneas da área experimental, em termos de teor de umidade, granulometria e densidade aparente, por outro lado, deve-se considerar a precisão na utilização do "Delta logger", na determinação dos parâmetros em estudo. Na determinação dos valores da força de tração na barra, os valores de excitação da célula de carga tiveram CV máxima de 1,81%, e mínima, de 0,50%, enquanto na leitura do sinal de saída da célula de carga, os valores de CV oscilaram entre 0,05 e 0,82%; estes valores são muito baixos, dando idéia da alta precisão com que foram avaliados no decorrer dos diferentes tratamentos.

A Tabela 3 apresenta os resultados em cada tratamento, nos diferentes índices de patinagens. Pode-se observar que os valores mínimos e máximos das

médias de patinagens situaram-se entre 10,73 e 26,35 %. Observa-se que, em solos sem preparo a patinagem foi inferior em relação aos solos com preparo, e que pode ser atribuído ao fato de os solos sem preparo apresentarem valores mais altos de índice de cone e, também, a presença de restos de culturas na superfície.

A força de tração, em cada tratamento, mostrou valores médios que oscilaram entre 4,95 kN (solo com preparo e carga dinâmica 1), e 21,21 kN (solo com preparo e carga dinâmica 2) para valores de patinagens de 10,73 e 26,35%, respectivamente. Estes resultados vão de encontro aos resultados de trabalhos apresentados por Vazey & Naylor (1958). Segundo Zoz (1972), a patinagem dos rodados não deve ultrapassar 30%. Bowers (1978) apresenta como limites de patinagens valores compreendidos entre 10 e 21%. A American Society of Agricultural

TABELA 3. Parâmetros indicativos do desempenho do trator Massey Ferguson 292 Turbo 4x4, nas diferentes condições de ensaios.

Carga	Preparo	Valores Cn								
		Valores Cn	Patinagem (%)	Tração barra (KN)	Potência barra (kW)	Eficiência tratória (%)	Coeficiente de tração (%)	Carga dinâmica (KN)	Consumo combustível (m/Kwh)	
1	S	22,65	10,73	5,71	3,39	50,94	15,89	35,91	571,63	
1	P	20,30	12,46	4,95	3,13	47,57	13,84	35,76	567,69	
2	S	23,50	25,07	20,67	10,61	80,23	53,89	38,35	442,16	
2	P	19,01	26,35	21,21	11,03	81,81	55,16	38,45	462,57	

S = Solo sem preparo

P = Solo com preparo

Engineers (ASAE EP 391, 1989) indica que para máxima eficiência tratorial, a patinagem deve situar-se entre 8 e 16%, conforme as condições do solo.

A carga dinâmica variou entre 35,91 kN e 38,45 kN. No mesmo nível de carga dinâmica, a potência diminuiu com o aumento da patinagem. Mas ao considerar níveis diferentes de cargas dinâmicas, a potência, em média, foi superior na carga dinâmica 2, em relação à carga dinâmica 1, embora a patinagem tenha dobrado.

Considerando a eficiência tratorial (TE) como indicador do desempenho do trator no campo, observa-se que, embora a média de seus valores variasse entre 47,57 e 81,81%, respectivamente, para valores de patinagens entre 10,37 e 26,35%, apenas o fator carga dinâmica apresentou diferenças significativas de 1% entre as médias comparadas.

Entretanto, observa-se na Tabela 3, que o aumento da força de tração foi acompanhado de correspondente acréscimo na patinagem, tendo apresentado coeficiente de correlação de 98,43% e de 99,31% para os terrenos sem e com preparo, respectivamente.

O coeficiente de tração, definido matematicamente como a razão entre a força de tração e a carga dinâmica, apresentou coeficiente de correlação de 100% com ambas essas variáveis, independentemente da condição superficial do terreno.

Outro fator que sofreu influência da carga dinâmica foi a patinagem sem depender da condição superficial de solo.

O consumo específico de combustível decresceu à medida que aumentou a potência na barra, e pode-se observar que no nível de carga dinâmica 1 o consumo específico foi maior, o que pode ser explicado pela baixa potência exigida do trator. Já no nível de carga dinâmica 2, o consumo específico foi menor, por causa da maior potência exigida do trator. O consumo específico apresentou um coeficiente de correlação com patinagens de 95,17%.

Para avaliar a técnica de análise dimensional desenvolvida por Wismer & Luth (1973), foram comparados os valores das forças observadas na barra de tração do trator, medidas com uma célula de carga, e a força, calculada na barra de tração, com as equações de Wismer & Luth (1973). Os valores comparados são apresentados na Tabela 4. O coeficien-

te de correlação entre os valores das forças observadas e calculadas foi da ordem de 74%, o que indica que esse método é adequado para estimar a força de tração na barra de tração de tratores de pneu em trabalhos agrícolas. Essa técnica permite, a partir dos valores de índice de cone, do nível de patinagem e de parâmetros do trator — como: largura e diâmetro dos pneus e carga dinâmica no eixo motor —, prever a força de tração do trator, possibilitando selecionar o implemento apropriado em cada situação de trabalho. Os resultados obtidos neste trabalho apontam a técnica de Wismer & Luth como bastante útil, no sentido de contar com uma equação para estimar as forças de tração nas diferentes condições de trabalho com tratores agrícolas de pneus.

TABELA 4. Análise comparativa entre as forças de tração observadas na barra do trator Massey Ferguson 292 Turbo 4x4 e as forças calculadas com as equações de Wismer & Luth (1973).

Níveis de carga dinâmica	Superfície do solo	Faixa	Valores	Forças observadas (KN)	Forças calculadas (KN)
1	S	L	20,36	6,51	8,35
1	S	J	25,08	5,49	11,08
1	S	C	22,50	5,12	9,49
1	P	A	20,55	4,90	9,76
1	P	K	17,07	5,49	6,99
1	P	H	23,28	4,46	12,23
2	S	B	24,87	21,16	19,81
2	S	F	22,64	20,72	18,91
2	S	I	23,00	20,14	19,94
2	P	G	17,21	21,16	16,33
2	P	E	18,34	21,16	16,95
2	P	D	21,47	21,31	19,02

Coefficiente de determinação das forças (R²) = 74%

S = solo com superfície inalterada;

P = solo com gradagem pesada e duas passadas de grade.

CONCLUSÕES

1. Considerando a eficiência tratorial (TE), como indicador do desempenho do trator no campo, observa-se que, embora a média de seus valores variasse entre 47,57 e 81,81%, respectivamente, quanto a valores de patinagens entre 10,37 e 26,35%, apenas o fator carga dinâmica apresentou diferenças significativas entre as médias comparadas, a 1%.

2. O consumo específico de combustível decresceu à medida que aumentou a potência na barra e,

pode-se observar que no nível de carga dinâmica 1 o consumo específico foi maior, o que pode ser explicado pela baixa potência exigida do trator. Já no nível de carga dinâmica 2, o consumo específico foi menor, devido à maior potência exigida do trator. O consumo específico apresentou um coeficiente de correlação com patinagens de 95,17%.

3. O coeficiente de correlação entre os valores das forças observadas e calculadas foi da ordem de 74%, o que indica que o método de Wismer & Luth é adequado para estimar a força de tração na barra de tração de tratores de pneu em trabalhos agrícolas.

4. Os resultados obtidos neste trabalho apontam a técnica de Wismer & Luth como bastante útil, no sentido de contar com uma equação para estimar as forças de tração nas diferentes condições de trabalhos com tratores agrícolas de pneus.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE Standards 1989. St Joseph, Michigan, 1989.
- BOWERS, W. **Matching equipment to big tractors for efficient field operations**. St. Joseph, Michigan: ASAE, 1978. 8p. (ASAE Paper, 78-1034).
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979.
- EMBRAPA. **Determinação da potência na tomada de força do trator com o uso de dinamômetro**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1988.
- VAZEY, G.H.; NAYLOR, I.T. Field tests on 14-30 tractor tyres. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, n.3, p.1-8, 1958.
- WISMER, R.D.; LUTH, T.J. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. **Journal of Terramechanics**, v.10, n.2, p.49-61, 1973.
- ZOZ, F.M. Predicting tractor field performance. **Transactions of the ASAE**, v.15, n.2, p.249-255, 1972.