

**DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO NA BARRA DE TRACÇÃO DE TRATORES AGRÍCOLAS COM TRACÇÃO DIANTEIRA AUXILIAR (4X2 TDA)<sup>1</sup>**

FABRÍCIO CAMPOS MASIERO<sup>2</sup>; KLÉBER PEREIRA LANÇAS<sup>3</sup> & LEONARDO DE ALMEIDA MONTEIRO<sup>4</sup>

---

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi determinar o rendimento dinâmico na barra de tração de diversos tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), em diferentes condições superficiais (concreto, solo firme, solo preparado e solo com cobertura vegetal) e compará-los com os dados teóricos e práticos da bibliografia (fator 0.86 de Wendel Bower e norma D497.4 da ASAE, 1999). Foram avaliados onze tratores agrícolas utilizando as diferentes pistas do NEMPA – Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais, da FCA/UNESP de Botucatu/SP, variando-se o tipo construtivo de pneus, as suas pressões de inflação, as relações entre o peso e potência do motor e a velocidade teórica de deslocamento. Os dados de rendimento máximo na barra de tração do trator, obtidos nos ensaios, foram dispostos em grupos, obtendo-se o valor médio do rendimento máximo na barra de tração para cada condição de superfície. Para a realização do experimento utilizou-se a Unidade Móvel de Ensaio na Barra de Tração – UMEB, pertencente ao NEMPA, como carro dinamométrico, estando equipado com sistemas de aquisição e armazenamento de dados. Em pista de concreto, os resultados mostraram que o valor médio de rendimento máximo na barra de tração obtido (63,2%) foi inferior aos valores teóricos da bibliografia. Em pista de solo firme utilizável, o valor obtido (56,5%) confirmou os valores da bibliografia. Em pista de solo mobilizado, o valor obtido (44%) confirmou o valor proposto por Wendel Bowers (42,8 %) e foi inferior ao determinado pela ASAE (53,9%). Em pistas de solo com cobertura vegetal, o valor médio de rendimento máximo na barra de tração obtido foi de 49,7%, não havendo valores de comparação na bibliografia.

**Palavras-chave:** Ensaio de máquinas, superfície tratada, patinação.

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado do 1º autor intitulada: Determinação do rendimento na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA);

<sup>2</sup> Engo. Agrônomo, Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura – Departamento de Engenharia Rural FCA/UNESP, Botucatu/SP, Brasil, Rua José Barbosa de Barros, no 1780, Caixa Postal 237, CEP 18610-307, [fmasiero@fca.unesp.br](mailto:fmasiero@fca.unesp.br)

<sup>3</sup> Engo. Mecânico, Orientador e Prof. Titular, Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu/SP, Rua José Barbosa de Barros, no 1780, Caixa Postal 237, CEP 18610-307, [kplancas@fca.unesp.br](mailto:kplancas@fca.unesp.br)

<sup>4</sup> Licenciado em Ciências Agrícolas, Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Bloco 804 – Fortaleza/CE, CEP 60455-760, [aiveca@ufc.br](mailto:aiveca@ufc.br)

## **DRAWBAR PERFORMANCE DETERMINATION OF AGRICULTURAL TRACTORS WITH FRONT WHEEL DRIVE (4 WD)**

**SUMMARY:** *This research was accomplished with the objective to determine the dynamic drawbar performance of several agricultural 4WD tractors in different surface condition (concrete, firm soil, tilled soil, and soil covered with vegetation) comparing them with the theoretical and practical bibliography values (Wendel Bowers "0.86 Factor" and D497.4 ASAE standard, 1999). Eleven agricultural tractors were tested at all different tracks of NEMPA – agricultural and forest tractors and tires test nucleus, College of Agronomic Science, UNESP, Botucatu/SP, Brazil, being varied the tire constructive type and models, tire inflation pressures, relationship between the tractor weight and engine power and theoretical. The maximum tractor drawbar performance obtained in the tests was arranged in groups, being obtained the medium dynamic drawbar performance and standard deviation for each surface condition. For the accomplishment of the experiment the UMEB – Mobile Unit for Drawbar Test, belonging to the NEMPA, as a dynamometric car, equipped with an acquisition and storage data system. In concrete track the results showed that the medium value obtained for maximum drawbar performance (63.2%) was less than proposed by Wendel Bowers (79.2%) and for ASAE value (72.2%). At firm soil track, the obtained value (56.5%) confirmed the values of the bibliography. In mobilized soil tracks the obtained value (44%) confirmed the value proposed by Wendel Bowers' (42.8%) and it was less than the correspondent value for ASAE (53.9%). In vegetable covering soil surface the medium value obtained of maximum drawbar performance was 49.7%, and there are not bibliography data for this surface.*

**Keywords:** *Tractor test, surface condition, tractor slippage.*

## **1 INTRODUÇÃO**

Os desempenhos operacionais e energéticos dos tratores agrícolas apresentaram resultados semelhantes em pistas com superfície firme e com cobertura vegetal (MONTEIRO, 2008). O mesmo autor observou que os maiores valores de patinagem e consumo horário de combustível se deram nos tratamentos com solo mobilizado, mostrando que esta condição superficial do solo foi responsável pelo menor desempenho do trator. Segundo Lanças (1996), as condições superficiais do solo firme apresentam melhores resultados de eficiência trativa comparando-se com solo preparado (solto).

Segundo Mialhe (1991), quando se passa da condição de pista de concreto para terreno agrícola, é justamente na interface rodado-solo onde as perdas de potência se tornam mais críticas.

A barra de tração é um dos meios de aproveitamento da potência do trator e destina-se a desenvolver força, a qual é comumente direcionada para tração de máquinas e implementos, que necessitam ser deslocados ao longo da área de trabalho. A partir do ensaio na barra de tração, podem-se obter parâmetros quantitativos relativos à força de tração, velocidade, consumo específico, patinagem, potência disponível na barra de tração, coeficiente de tração e rendimento na barra de tração (MIALHE, 1996; SRIVASTAVA et al., 1996).

O rendimento na barra de tração é frequentemente usado para comparar ou avaliar tratores. Entretanto, o rendimento na barra de tração é influenciado pelas condições de superfície, pela relação de transmissão e pela relação entre peso e potência do trator. Considerando que potência é uma função de velocidade e força na barra de tração, pode-se afirmar que o rendimento na barra de tração descreve em parte a habilidade de um trator para tracionar. O rendimento máximo na barra de tração normalmente é o critério de desempenho mais útil para tratores agrícolas (LILJEDAHN, et al. 1996).

Segundo a American Society of Agricultural Engineers (ASAE, D497.4, 1999), na transmissão de potência do motor para a barra de tração ocorrem perdas que, dependendo das condições de operação do trator, distribuição de peso sobre as rodas motrizes e tipo de acoplamento, podem atingir níveis bastante comprometedores.

Conforme Lanças (2009), baseado no “*fator 0,86*” de Wendell Bowers (1970), que propõe a obtenção das diversas potências disponíveis em diferentes condições de solo através de sucessivas multiplicações da potência geradora por “0,86” para se obter a potência útil e rendimento na barra de tração dos tratores agrícolas de rodas pneumáticas, considerando a patinagem média dos rodados de 10 a 12%, portanto, para os casos mais usuais tem-se as Equações de 1 a 6:

$$Pot. TDP = Pot. Motor \times 0,86 \quad (1)$$

$$Pot. Max. BT, concreto = Pot. TDP \times 0,86 \quad (2)$$

$$Pot. Max. BT, solo firme = Pot. Max. BT, concreto \times 0,86 \quad (3)$$

$$Pot. Utilizável, BT, solo firme = Pot. Max. BT, solo firme \times 0,86 \quad (4)$$

$$Pot. Utilizável, BT, solo arado = Pot. Utilizável, BT, solo firme \times 0,86 \quad (5)$$

$$Pot. Utilizável, BT, solo solto = Pot. Utilizável, BT, solo arado \times 0,86 \quad (6)$$

O rendimento na barra de tração em diversas condições de superfície para tratores de rodas pneumáticas com duas rodas motrizes (4x2) e com tração dianteira auxiliar (4x2-TDA), baseado no fator “0,86” de Wendell Bowers está descrito na Tabela 1, onde os valores para tratores 4x2-TDA são resultantes do acréscimo de 7 % dos valores de tratores 4x2. A potência na barra de tração pode ser calculada pela Equação 7.

$$N_b = N_m \times \eta_b \quad (7)$$

Onde:

$N_b$  = potência útil na barra de tração (cv ou kW)

$N_m$  = potência útil do motor (cv ou kW)

$\eta_b$  = rendimento na barra de tração

**Tabela 1** - Rendimento na barra de tração para tratores de rodas pneumáticas e diversas condições de solo baseado no fator “0,86” de Wendel Bowers.

Condições de solo	$\eta_b$ (%) – Tratores 4X2	$\eta_b$ (%) – Tratores 4X2-TDA
Concreto	74	79,2
Solo firme - máxima	64	68,5
Solo firme - utilizável	55	58,8
Solo arado	47	50,3
Solo gradeado	40	42,8

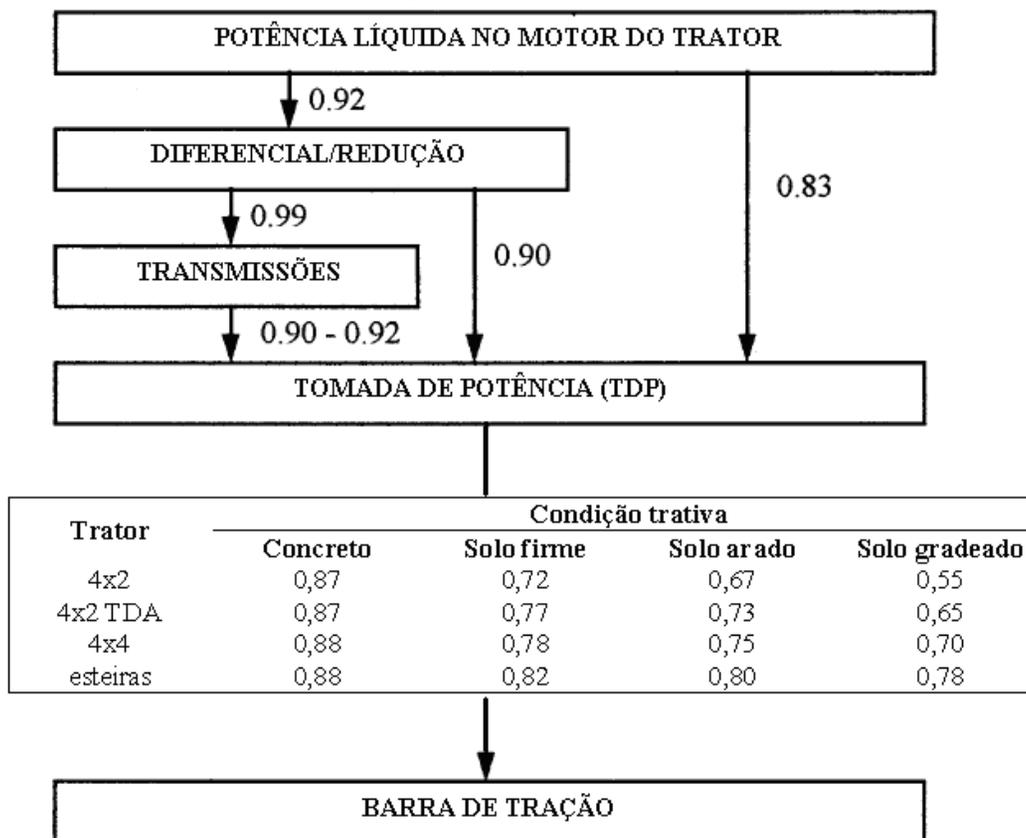
A American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 1999), apresentou um diagrama de estimativa de perda de potência nos diferentes setores do trator e em diversos tipos de tratores (4x2, 4x2 TDA, 4x4 e de esteiras) e diferentes condições de superfície (Figura 1). A perda de potência disponível na barra de tração em relação à potência líquida no motor de tratores 4x2 pode variar de 22 a 51% para piso de concreto e solos soltos, respectivamente, enquanto a perda de potência dos tratores 4x2 TDA pode variar de 22 a 42% para piso de concreto e solos soltos, respectivamente.

Considerando as perdas causadas pelas transmissões e condições de superfície trativa (Figura 1) a partir da potência na tomada de potência do trator obtida pela Equação 8, pode-se determinar a potência na barra de tração utilizando a Equação 9, onde multiplica-se a potência na tomada de potência pelos fatores descritos na Figura 1 conforme a norma ASAE D497.4 (1999).

$$\text{Potência na TDP} = \text{Potência Nominal} \times 0,83 \quad (8)$$

$$\text{Potência na Barra de Tração (Nb)} = \text{Potência na TDP} \times \text{Fator (Figura 1)} \quad (9)$$

Os valores de rendimento na barra de tração baseados na Norma ASAE D497.4 (1999), utilizados nesse trabalho estão descritos na Tabela 2.



**Figura 1** – Diagrama de estimativa de perda de potência nos diferentes setores do trator e em diversos tipos de tratores e condições de piso, adaptado: ASAE D497.4 (1999).

**Tabela 2** – Rendimento na Barra de Tração (%) de diversos tipos de tratores em diversas condições de superfície baseado na Norma ASAE D497.4 (1999).

Trator	Condição trativa			
	Concreto	Solo firme	Solo arado	Solo gradeado
4x2	72,2	59,8	55,6	45,6
4x2 TDA	72,2	63,9	60,6	53,9
4x4	73	64,7	62,2	58,1
esteiras	73	68,1	66,4	64,7

O objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento dinâmico na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), em diferentes condições de superfície trativa (concreto, solo

firme utilizável e solo mobilizado) e diversas configurações de ensaio de campo, comparando os valores obtidos com valores teóricos da bibliografia e determinar o rendimento dinâmico na barra de tração para a condição de superfície de solo com cobertura vegetal, que hoje, é muito importante no Brasil em função da grande aceitação e adoção do plantio direto na palha.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à FCA/UNESP. As coordenadas geográficas da área experimental (ponto central), onde estão às pistas são: 22°51'S, 48°25'W e altitude de 770m. 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.

Os ensaios foram realizados nas pistas de ensaios do Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais (NEMPA), do Departamento de Engenharia Rural, em pista de concreto com 200 metros de comprimento e 4 metros de largura, totalizando 800 m<sup>2</sup> de área e em pistas de campo, solo firme, solo mobilizado e solo com cobertura vegetal, que apresentam 400 metros de comprimento e 20 metros de largura totalizando 8000 m<sup>2</sup> de área cada. Estas pistas apresentam declividade de 1% no sentido do comprimento e niveladas na largura. As coberturas vegetais utilizadas nas pistas de ensaios, dependendo do caso, foram: culturas de Braquiária (*Brachiaria decumbens*), restos da cultura do milho (*Zea mays*) e de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). Utilizou-se diferentes tipos de cobertura vegetal para se obter um valor geral de rendimento sob a mesma, pois o tipo de cobertura pode causar influência no rendimento energético do trator, segundo Gabriel Filho et al., (2004).

O experimento foi realizado utilizando-se um equipamento descrito por Gabriel Filho et al. (2008) e Monteiro et al. (2007), que simula forças na barra de tração do trator, UMEB – Unidade Móvel de Ensaio na Barra de Tração (Figura 2), pertencente ao Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais (NEMPA), do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP), campus de Botucatu, Estado de São Paulo.



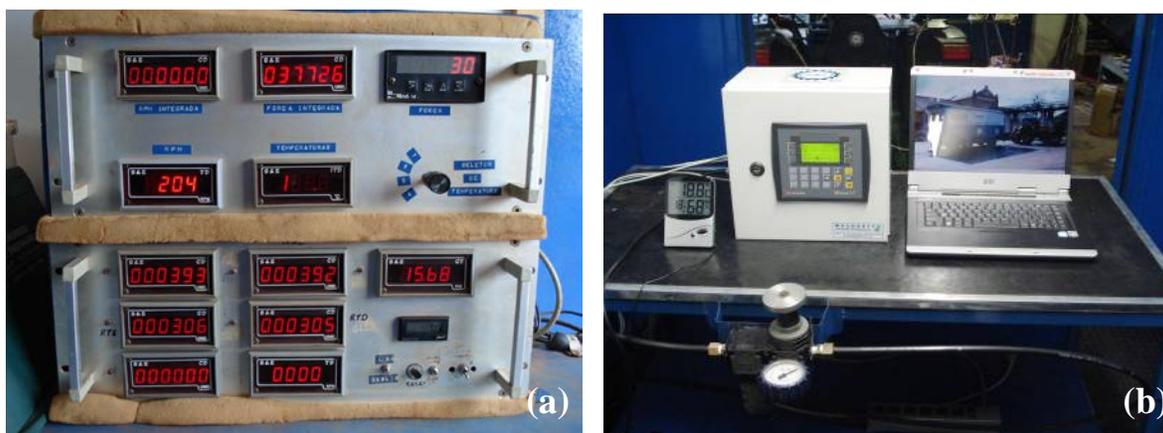
**Figura 2** – Unidade Móvel de Ensaio na Barra de Tração (UMEB).

Foram utilizados neste trabalho tratores agrícolas de diversas marcas, modelos e potência nominal (Tabela 3), o trator (G) é referente ao trator (F) equipado com rodados duplos traseiros. Em cada trator ensaiado variou-se: o tipo de pneu, pressão de inflação dos pneus, relação entre o peso e a potência do motor e a velocidade teórica adotada (Tabelas 4 e 5). A rotação nominal do motor utilizada nos tratores foi a de maior potência (*rated speed*) conforme catálogo dos fabricantes.

A relação peso/potência dos tratores agrícolas fabricados e comercializados no Brasil varia, basicamente, em função da marca e modelo do trator e da potência do motor. É importante salientar que estes dados são parâmetros que auxiliam na seleção dos tratores e na otimização do uso dos mesmos, visando à redução dos custos agregados nas máquinas agrícolas (SCHLOSSER et al., 2005).

Monteiro et al. (2009), em estudos realizados, constataram que a adição de peso ao trator obedecendo a critérios de relação entre peso e potência, acarreta em melhorias em termos de rendimento operacional, aumento da força trativa, redução da patinação, do consumo horário e específico de combustível.

Para aquisição e acompanhamento dos sinais obtidos pelos sensores instalados nos rodados pneumáticos dos tratores, na roda odométrica da UMEB, no sistema de alimentação de combustível e na barra de tração utilizou-se dois tipos de sistemas de aquisição de dados. Nos primeiros ensaios realizados pela UMEB utilizou-se um painel com instrumentos eletrônicos indicadores e um indicador de força instantânea tipo “MICRO-P” (Figura 3a), conforme descrito por Jesuíno (2007). Esse sistema foi utilizado nos ensaios dos tratores: (A), (B), (F), (G), (K) e (L). Nos demais ensaios realizados utilizou-se um controlador lógico programável (CLP) para coleta dos dados, permitindo a leitura e o armazenamento dos sinais enviados pelos sensores (Figura 3b), nos ensaios dos tratores: (C), (D), (E), (H), (I) e (J).



**Figura 3** – Painel com indicadores eletrônicos (a) e bancada de instrumentação com o CLP e um micro-computador portátil (b).

**Tabela 3** – Potência nominal dos tratores agrícolas utilizados.

Trator	Potência (kW)
A	62
B	62
C	77
D	77
E	88
F	118
G	118
H	118
I	132
J	132
K	132
L	158

**Tabela 4** - Conjuntos e pressões de inflação dos pneus utilizados nos tratores.

Trator	Pneus		Pressão de Inflação - kPa (psi)	
	Dianteiros	Traseiros	Dianteiros	Traseiros
A	12.4-24 R1	18.4-30 R1	110,4 (16)	110,4 (16)
	14.9-24 R2	23.1-26 R2	96,6 (14)	124,2 (18)
B	12.4-24	18.4-30	82,8 (12)	151,8 (22)
C e D	14.9-26	23.1-30	110,4 (16)	110,4 (16)
E	14.9-26	23.1-30	69 (10)	69 (10)
	14.9-26	23.1-30	96,6 (14)	96,6 (14)
	14.9-26	23.1-30	124,2 (18)	124,2 (18)
	14.9-26	23.1-30	165,6 (24)	165,6 (24)
F	18.4-26	24.5-32	110,4 (16)	110,4 (16)
	16.9-30	24.5-32	110,4 (16)	138 (20)
	20.4-30	20.8-38	138 (20)	124,2 (18)
	18.4-26	24.5-32	124,2 (18)	124,2 (18)
G	18.4-26	20.8-38	151,8 (22)	96,6 e 110,4 (14 e 16)
	16.9-30	20.8-38	138 (20)	127,6 e 110,4 (18,5 e 16)
H	18.4-26 R1	24.5-32 R1	124,2 (18)	124,2 (18)
I	600/65R28	710/70R38	82,8 (12)	69 (10)
	18.4-26	30.5L-32	110,4 (16)	110,4 (16)
	600/65R28	710/70R38	82,8 (12)	82,8 (12)
J	18.4-26	24.5L-32	117,3 (17)	117,3 (17)
	18.4-26	24.5L-32	151,8 (22)	151,8 (22)
	18.4-26	24.5L-32	186,3 (27)	186,3 (27)
	18.4-26	24.5L-32	220,8 (32)	220,8 (32)
	540/65R28	650/65R38	82,8 (12)	82,8 (12)
	540/65R28	650/65R38	117,3 (17)	117,3 (17)
	540/65R28	650/65R38	151,8 (22)	151,8 (22)
	540/65R28	650/65R38	186,3 (27)	186,3 (27)
K	18.4-26	25.4-32	110,4 (16)	110,4 (16)
	18.4R26	650/75R32	124,2 (18)	103,5 (15)
	660/65R30.5	710/65R38	110,4 (16)	110,4 (16)
	600/55-30.5	650/60-38	110,4 (16)	110,4 (16)
	18.4-26	24.5-32	110,4 (16)	110,4 (16)
L	660/60-30.5	850/50-38	110,4 (16)	110,4 (16)
	660/60-30.5	850/50-38	124,2 (18)	138 (20)
	18.4-26	30.5L-32	124,2 (18)	165,6 (24)
	660/60-30.5	710/65-38	124,2 (18)	138 (20)

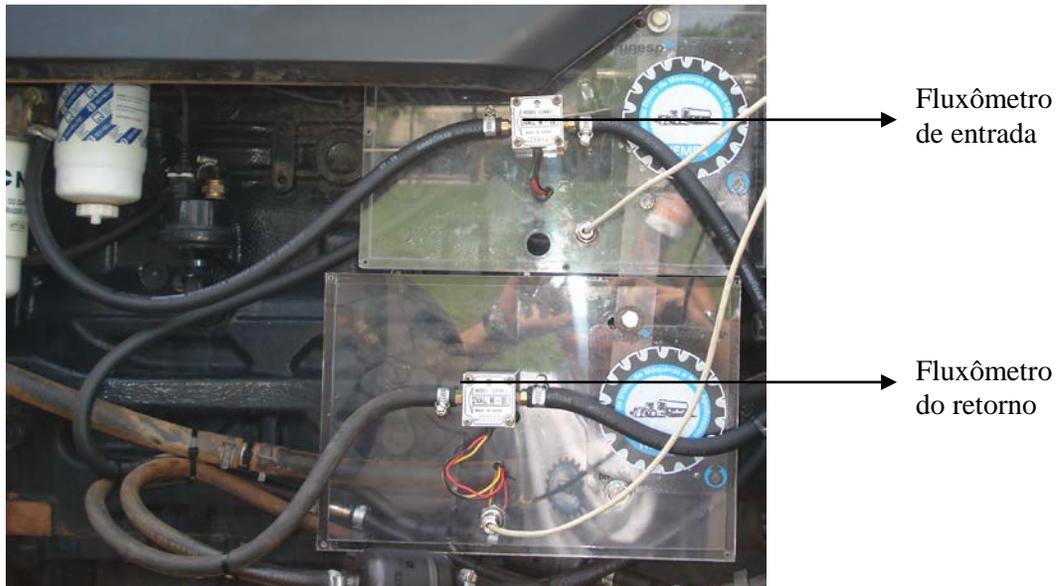
**Tabela 5** - Relação entre o peso e a potência do motor e a velocidade teórica adotada utilizados nos tratores.

Trator	Relação peso/potência	Velocidade teórica
	N.kW <sup>-1</sup> (kgf.cv <sup>-1</sup> )	(km.h <sup>-1</sup> )
A	668(50) - 708(53) - 762(57)	5,4 - 7,8 - 10,6
B	762(57)	7,0 - 8,6 - 10,7
C	668(50) - 762(57)	5,0 - 6,5 - 7,8 - 8,3 - 10,4
D	668(50) - 762(57)	5,0 - 6,5 - 8,3 - 10,4
E	668(50) - 703(52,5) - 750(56,2) - 780(58,4)	7,0
F	703(52,5) - 735(55) - 762(57) - 768(57,5)	5,0 - 5,8 - 6,7
G	762(57)	5,0 - 5,8 - 6,7
H	735(55)	4,4 - 5,0 - 8,2 - 9,6 - 11,5 - 13,2 - 15,6
I	605(45,3) - 730(54,6) - 768(57,5)	4,5 - 5,0 - 6,0 - 7,5 - 8,0 - 9,0 - 10,0
J	735(55)	4,8 - 7,8 - 9,4
K	742(55,5) - 762(57) - 772(57,8)	4,0 - 5,0 - 6,0 - 7,0 - 8,0
L	713(53,4) - 726(54,3) - 764(57,2)	4,9 - 6,5 - 7,4 - 8,7

Os valores da força na barra de tração foram obtidos através de uma célula de carga marca SOD-MEX, modelo N400, com sensibilidade de 2,16 mV/V e escala nominal de 100 kN. Essa célula foi instalada no cabeçalho da UMEB. A determinação da patinagem das quatro rodas do trator foi obtida utilizando-se geradores de pulsos, modelo GIDP-60-U-12V, com uma frequência de 60 pulsos por volta. Para medição do consumo horário e específico de combustível foram utilizados dois fluxômetros volumétricos M-III, da FLOWMATE fabricado pela OVAL Corporation do Japão e distribuído no Brasil pela K&K do Brasil, modelo LSN41L8-M2, vazão de 1 mL/pulso (Figura 4), sendo um instalado entre os filtros e a bomba injetora do motor do trator e o outro no retorno do combustível ao tanque. O consumo real foi calculado pela diferença entre os valores dos pulsos gerados pelos fluxômetros.

Os dados de rendimento máximo na barra de tração dos tratores obtidos nos ensaios foram arranjados em grupos, sendo utilizada a estatística descritiva obtendo-se a média do rendimento máximo dinâmico na barra de tração e desvio padrão para cada condição de superfície. Os tratamentos foram distintos conforme as condições de superfície de tração utilizadas nos ensaios: pista de concreto, pista de solo firme, pista de solo mobilizado e pista de solo com cobertura vegetal.

Todos os ensaios foram realizados após a aplicação e estabilização da carga de tração, tracionando a UMEB, para cada condição de configuração dos tratores, foram submetidos a uma força constante na barra de tração, num percurso de 30 metros, demarcado através da roda odométrica da UMEB.



**Figura 4** – Fluxômetros volumétricos.

O valor da carga inicial aplicada na barra de tração dos tratores dependeu da potência e tipo de superfície tratada. Cada avaliação subsequente apresentou um aumento de carga na barra de tração de, aproximadamente, 500 kgf, sendo realizadas no mínimo quatro avaliações por condição (500, 1000, 1500, 2000 kgf), obtendo-se a força máxima desenvolvida pelos tratores em cada condição, até que o motor apresentasse uma diminuição na rotação de trabalho (abaixo de 2000 rpm) ou que a patinação das rodas fosse excessiva (acima de 30%).

Cada parcela foi definida como sendo o rendimento máximo na barra de tração de cada condição de ensaio realizada e obtida através de curvas de melhor ajuste (polinomial de 2º grau), onde para cada condição se obteve os valores de rendimento máximo na barra de tração nas curvas avaliadas, através da derivada da equação de cada curva igualada a zero, com os respectivos dados de patinação e consumo específico de combustível.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios de rendimento máximo na barra de tração, patinagem dos rodados e consumo específico de combustível por trator. Essa grande variabilidade de tratores e condições avaliadas é importante para se obter um valor médio de rendimento na barra e respectivos valores de patinagem e consumo específico de combustível próximo à realidade brasileira.

Nas superfícies tratativas avaliadas observa-se que os valores médios de rendimento na barra variaram em função do modelo e potência do trator, além de variar também em função do tipo de pneu, pressão de inflação, velocidade de deslocamento e relação entre peso e potência do motor. Esta grande variação em função da relação entre peso e potência do motor em diferentes marcas de tratores também correspondeu aos resultados encontrados por Lanças, (1996); Monteiro et al. (2009) e Schlosser et al. (2005).

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados médios dos ensaios realizados em cada condição de superfície do solo: concreto, solo firme, solo com cobertura vegetal e solo mobilizado.

A pista de concreto apresentou os maiores resultados de rendimento na barra e os menores resultados de patinagem e consumo específico de combustível entre as quatro condições de superfície, sendo esse resultado justificado pela patinagem dos rodados do trator ter sido, na média, 53,1% menor do que na pista de solo mobilizado, 43,2% menor que na pista de solo com cobertura vegetal e 26,6% menor que na pista de solo firme. Analisando os dados de consumo específico de combustível na pista de concreto, este foi 25,4% menor com relação à pista de solo mobilizado, 19,9% menor que na pista de solo com cobertura vegetal e 6,5% menor em relação à pista de solo firme. A média dos dados de rendimento na barra na pista de concreto foi 6,7% maior quando comparado a pista de solo firme, 13,5% maior que na pista de solo com cobertura vegetal e 19,2% maior que na pista de solo mobilizado (Tabela 7).

Os maiores valores de patinagem e consumo horário de combustível se deram nos tratamentos com solo mobilizado, mostrando que esta condição superficial do solo foi responsável pelo menor desempenho do trator.

**Tabela 6** – Média dos valores de rendimento máximo na barra de tração, patinação dos rodados e consumo específico de combustível para os tratores avaliados e respectivas condições de superfície tratativa.

Trator	Rendimento na barra	Patinação	Consumo específico
	(%)	(%)	(kg.kW <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )
<b>Pista de Concreto</b>			
(C)	67,6	10,0	0,354
(D)	61,8	9,8	0,310
(J)	62,2	6,2	0,299
<b>Pista de Solo Firme</b>			
(A)	50,7	15,7	0,344
(B)	63,3	10,1	0,327
(C)	64,3	12,0	0,335
(D)	56,0	10,0	0,324
(E)	58,7	11,4	0,338
(F)	50,8	15,2	0,356
(G)	51,5	13,5	0,357
(H)	63,1	14,0	0,333
(I)	60,1	10,5	0,317
(J)	57,4	9,9	0,347
(K)	56,1	11,5	0,344
(L)	57,0	10,7	0,326
<b>Pista de Solo com Cobertura Vegetal</b>			
(A)	58,1	8,8	0,296
(B)	65,0	6,8	0,327
(F)	48,2	16,7	0,389
(G)	48,5	14,3	0,368
(J)	46,3	13,7	0,455
(K)	53,8	15,9	0,384
(L)	50,4	14,1	0,376
<b>Pista de Solo Mobilizado</b>			
(A)	32,3	16,9	0,423
(B)	52,8	18,0	0,397
(F)	43,7	17,2	0,417
(G)	41,5	14,9	0,432
(I)	39,8	17,0	0,405
(K)	48,4	14,8	0,421
(L)	48,4	16,0	0,385

Confirmando os resultados apresentados por Lanças (1996), onde as condições superficiais do solo firme apresentam melhores resultados de eficiência tratativa comparando-se com o solo preparado (mobilizado). Isso se deve aos fenômenos da patinação, que provocam a redução no avanço do trator, e ao recalque ou afundamento do rodado no solo que aumenta a resistência ao rolamento (MIALHE, 1991).

As pistas de solo com superfície firme e com cobertura vegetal não apresentaram resultados de desempenho operacional e energético semelhantes. Este resultado não correspondeu ao encontrado por Monteiro (2008), que encontrou semelhança entre estas duas pistas. Estes resultados em áreas onde existe cobertura vegetal são devidos à alteração na interação do rodado com o solo que afeta a capacidade do trator em desenvolver a tração, de acordo com Gabriel Filho et al. (2004).

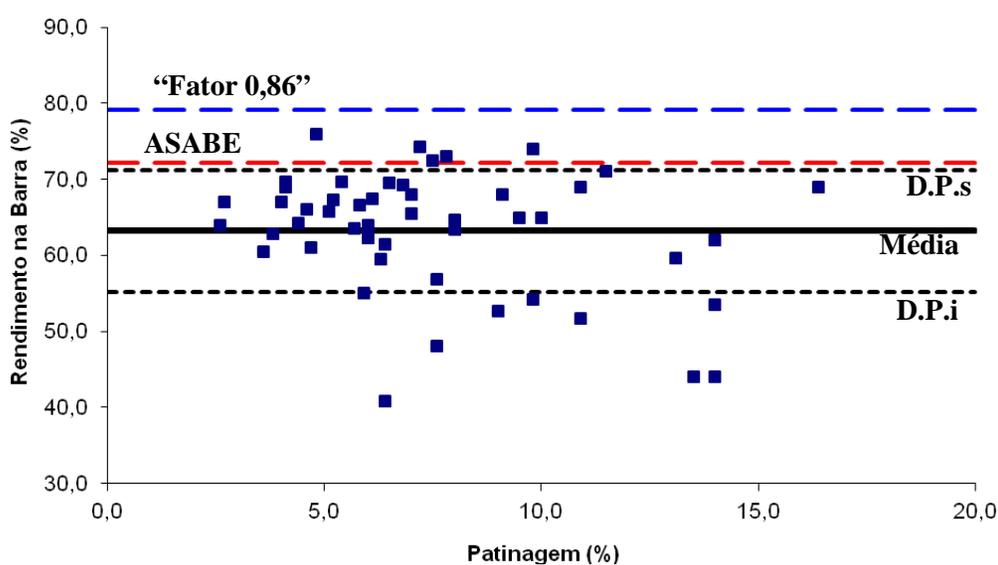
**Tabela 7** – Média dos valores de rendimento máximo na barra de tração, patinagem dos rodados e consumo específico de combustível para as condições de superfície tratada.

Superfície	Rendimento na barra	Patinagem	Consumo específico
	(%)	(%)	(kg.kW <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )
Concreto	63,2	7,6	0,312
Solo Firme	56,5	11,9	0,339
Solo com Cobertura Vegetal	49,7	14,6	0,395
Solo Mobilizado	44,0	16,2	0,418

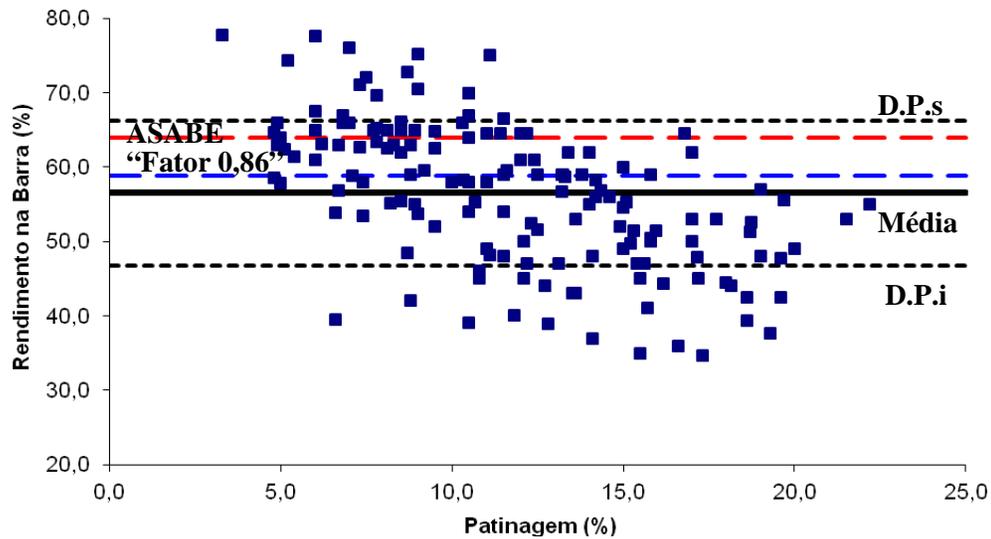
Os valores médios de rendimento máximo na barra de tração de tratores com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), obtidos neste trabalho, em pista de concreto foram inferiores aos valores da bibliografia conforme a Figura 5 (Fator 0,86 de Wendel Bowers e norma ASABE D497.4). Em superfície de solo firme o valor médio de rendimento máximo na barra de tração obtido neste trabalho confirmou os valores teóricos da bibliografia citados nesta pesquisa (Figura 6). O valor de rendimento na barra de tração obtido em pista de solo mobilizado foi semelhante ao valor proposto por Wendel Bowers e inferior ao proposto pela norma ASABE D497.4 (Figura 8). O valor médio de rendimento máximo na barra de tração de tratores 4x2 TDA obtido neste trabalho, na condição de superfície de solo com cobertura vegetal, foi de 49,7% (Figura 7), apresentando um valor intermediário entre as condições de superfície de solo firme e solo mobilizado. Os valores de rendimento máximo na barra de tração, da bibliografia e práticos obtidos neste trabalho nas respectivas condições de superfície tratada estão apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8** – Valores de rendimento máximo na barra de tração de tratores 4x2 TDA, valores da bibliografia e valores dinâmicos obtidos neste trabalho.

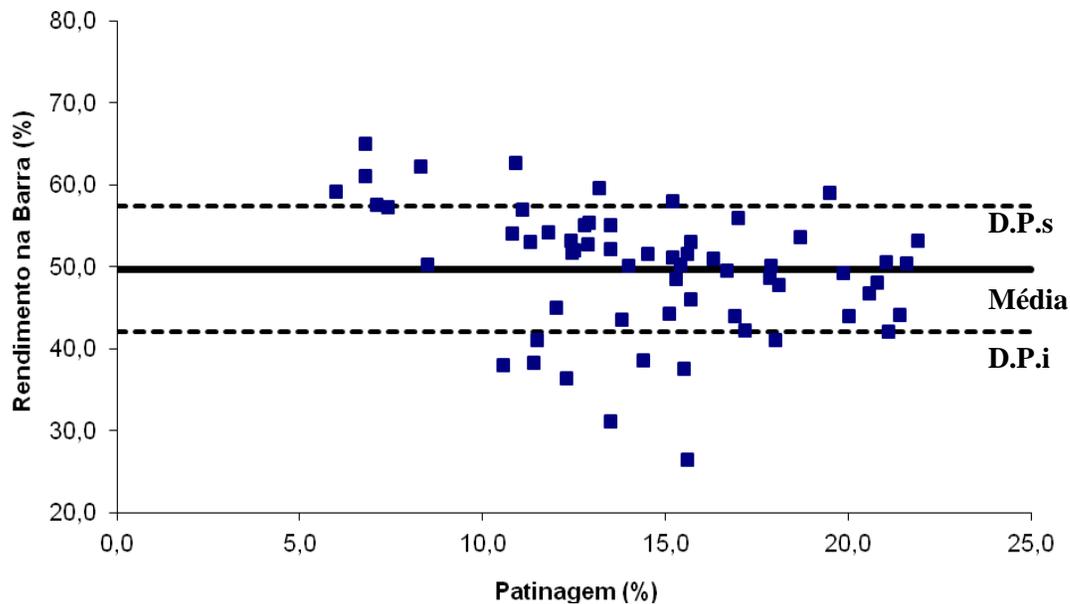
Superfície	Fator 0,86	ASABE	Este Trabalho
Concreto	79,2%	72,2%	63,2%
Solo firme	58,8%	63,9%	56,5%
Solo Gradeado	42,8%	53,9%	44,0%
Solo com cobertura vegetal	-	-	49,7%



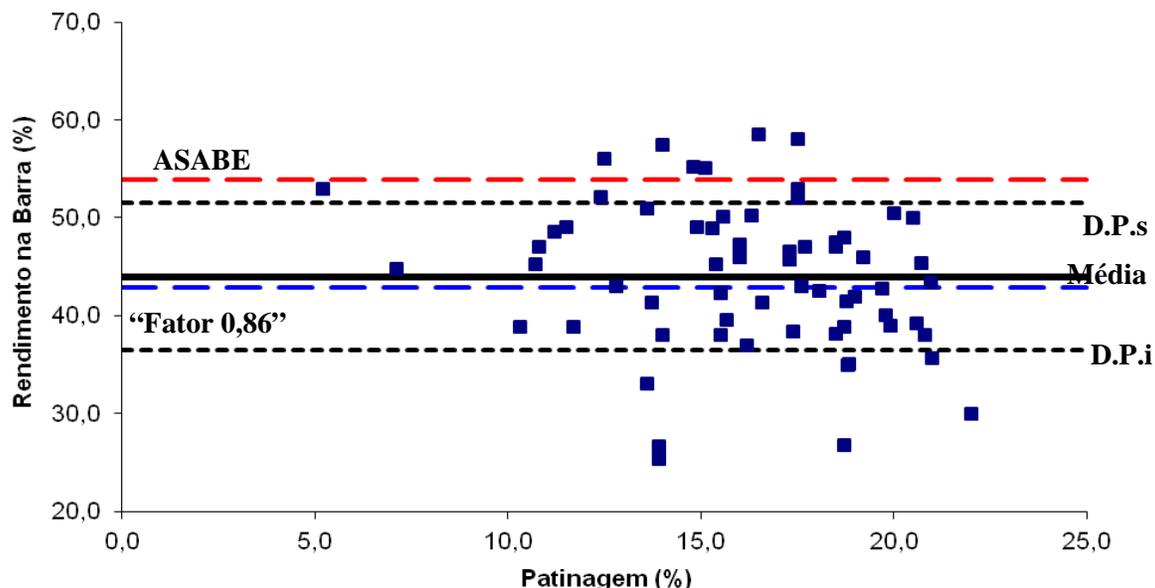
**Figura 5** – Resultados obtidos em pista de concreto, valor médio, desvio padrão superior e inferior e valores da bibliografia de rendimento máximo na barra de tração.



**Figura 6** – Resultados obtidos em pista de solo firme, valor médio, desvio padrão superior e inferior e valores da bibliografia de rendimento máximo na barra de tração.



**Figura 7** – Resultados obtidos em pista de solo com cobertura vegetal, valor médio, desvio padrão superior e inferior.



**Figura 8** – Resultados obtidos em pista de solo mobilizado, valor médio, desvio padrão superior e inferior e valores da bibliografia de rendimento máximo na barra de tração.

#### 4 CONCLUSÕES

Em pista de concreto, o valor médio de rendimento máximo na barra de tração, obtido para os onze tratores, foi inferior aos valores da bibliografia “*fator 0,86*” de Wendel Bowers e a norma ASAE D497.4.

Em pista de solo firme o valor dinâmico obtido foi semelhante aos valores da bibliografia consultada neste trabalho.

Em pista de solo mobilizado o valor médio de rendimento máximo na barra obtido foi similar ao valor proposto por Wendel Bowers (“*fator 0,86*”) e inferior ao valor proposto pela norma ASAE D497.4.

Em pista de solo com cobertura vegetal o valor médio de rendimento máximo na barra de tração obtido foi de 49,7%, não existindo valores na bibliografia para essa condição.

#### 5 AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela disponibilidade de bolsa de auxílio financeiro durante o curso de mestrado.

Ao NEMPA – Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais – Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP de Botucatu pela disponibilização de toda instrumentação necessária para os ensaios.

## 6 REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural machinery management data ASAE D497.4. In: **ASAE standards 1999: standards engineering practices data**. St. Joseph, 1999. p. 359–366.
- 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 Agrômicas da UNESP**, Botucatu, n. 1, 1983. 85 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. , 412p.
- GABRIEL FILHO, A. et al. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 781-789, set./dez. 2004.
- GABRIEL FILHO, A. et al. UMEB Unidade móvel para ensaio na barra de tração. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 782-789, out./dez. 2008.
- JESUÍNO, P. R. **Desempenho de um trator agrícola em função do desgaste das garras dos pneus e das condições superficiais do solo**. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- LANÇAS, K. P.; **Desempenho operacional de pneus radiais em função da pressão de inflação, da lastragem e do deslizamento das rodas de tratores agrícolas**. 1996. 171 f. Tese (Livre Docência) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.
- LANÇAS, K. P. Elementos básicos para adequação de conjuntos mecanizados. In: MONTEIRO, L. A.; SILVA, P. R. A. **Operação com tratores agrícolas**. Botucatu: Edição dos Autores, 2009. p. 59-74.
- LILJEDAHN, J. B. et al. **Tractors and their power units**. 4th. ed. St. Joseph: ASAE Textbook, 1996. 463 p.

MIALHE, L.G. **Gerência de sistema tratorizado vs operação otimizada de tratores**. Piracicaba: USP, ESALQ, 1991. 30 p.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722 p.

MONTEIRO, L. A. **Desempenho operacional e energético de um trator agrícola em função do tipo de pneu, velocidade de deslocamento, lastragem líquida e condição superficial do solo**. 2008. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GABRIEL FILHO, A. Desempenho de um trator agrícola em função do tipo construtivo do pneu e da lastragem líquida em três velocidades de deslocamento na pista com superfície firme. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 68-84, 2009.

MONTEIRO, L. A. et al. Construção e avaliação da Unidade Móvel para Ensaio na Barra de Tração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36. **Anais...** 2007, Bonito: SBEA, 2007, CD-Rom.

SCHLOSSER, J. F. et al. Análise comparativa do peso específico dos tratores agrícolas fabricados no Brasil e seus efeitos sobre a seleção e uso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 92-97, jan./fev. 2005.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. Tractor hitching, traction and testing. In: SRIVASTAVA, A. K. **Engineering principles of agricultural machines**. 3th. ed. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1996. p.117-145.