



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

ENSAIOS DE TRATORES

Leonardo de Almeida Monteiro

FCA - UNESP/Botucatu

aiveca@fca.unesp.br



OBJETIVOS

- **Avaliar o desempenho de tratores agrícolas.**
- **Gerar informações para dimensionar e racionalizar o uso de conjuntos moto mecanizados na agricultura.**
- **Comparar tratores independente do local da realização do ensaio.**



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

HISTÓRICO

CENTROS DE ENSAIOS

Instituições Oficiais credenciadas pelos governos dos países que possuem uma indústria de tratores

Principais centros de ensaios

Brasil

CENTRI, 1950 – Centro de ensaios e treinamento rural de Ipanema – MAPA

CENEA, 1975 – Centro nacional de engenharia agrícola - Fazenda Ipanema – Sorocaba. Decreto nº 76.895, de 23 de dezembro de 1975.



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

HISTÓRICO

DEA/IAC – Divisão de Engenharia Agrícola do IAC, localizado em Jundiaí – SP.

Principais Centros de Ensaio no Exterior:

Estados Unidos

Nebraska – Universidade de Nebraska, é o mais conhecido e famoso centro de ensaios do mundo.

Alemanha

Centro de Ensaio de Máquinas Agrícolas da DLG



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

HISTÓRICO

Espanha

Estação de Mecanização Agrícola de Madri, Laboratório Oficial para ensaios de Homologação de tratores agrícolas

Argentina

Instituto de Engenharia Rural – INTA, Buenos Aires



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

“ANTIGO” CENEA





Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

O ensaio de tratores agrícolas é constituído de duas etapas:

I. Ensaio obrigatório

II. Ensaio facultativo



I. Ensaio obrigatórios

- 1) **Dados ponderais e dimensionais do trator**
- 2) **Ensaio de desempenho na tomada de potência - TDP**
- 3) **Ensaio na barra de tração em pista de concreto – Barra de tração**



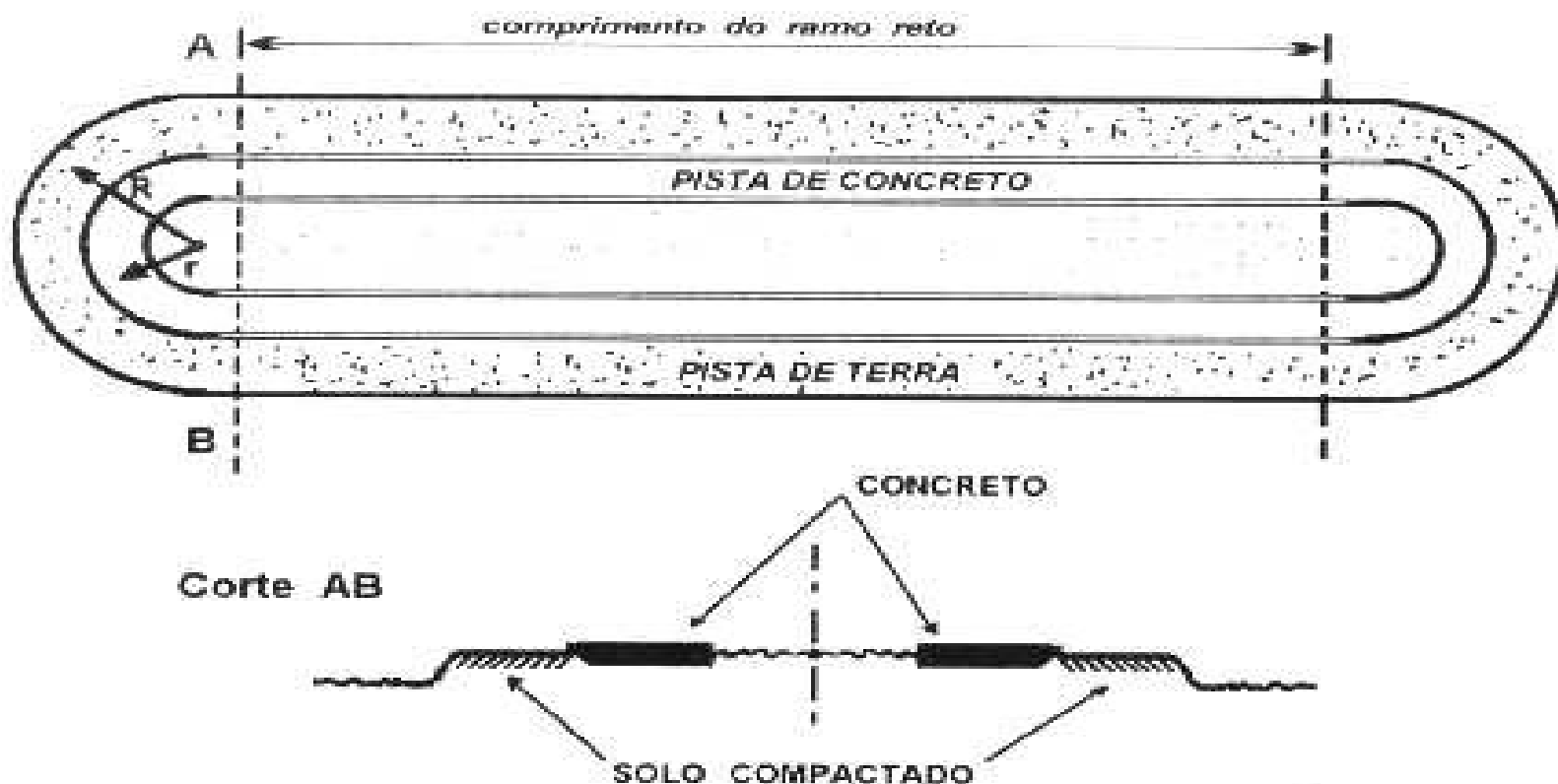
II. Ensaio facultativos

- 1) Sistema hidráulico
- 2) Freios
- 3) Nível de ruído
- 4) Motor do trator
- 5) Ensaio de campo



ENSAIOS NA BARRA DE TRAÇÃO

Pista de Concreto





Unidade móvel para ensaio na barra de tração - UMEB



Pista de concreto



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

Unidade móvel para ensaio na barra de tração - UMEB



Solo mobilizado



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

Unidade móvel para ensaio na barra de tração - UMEB



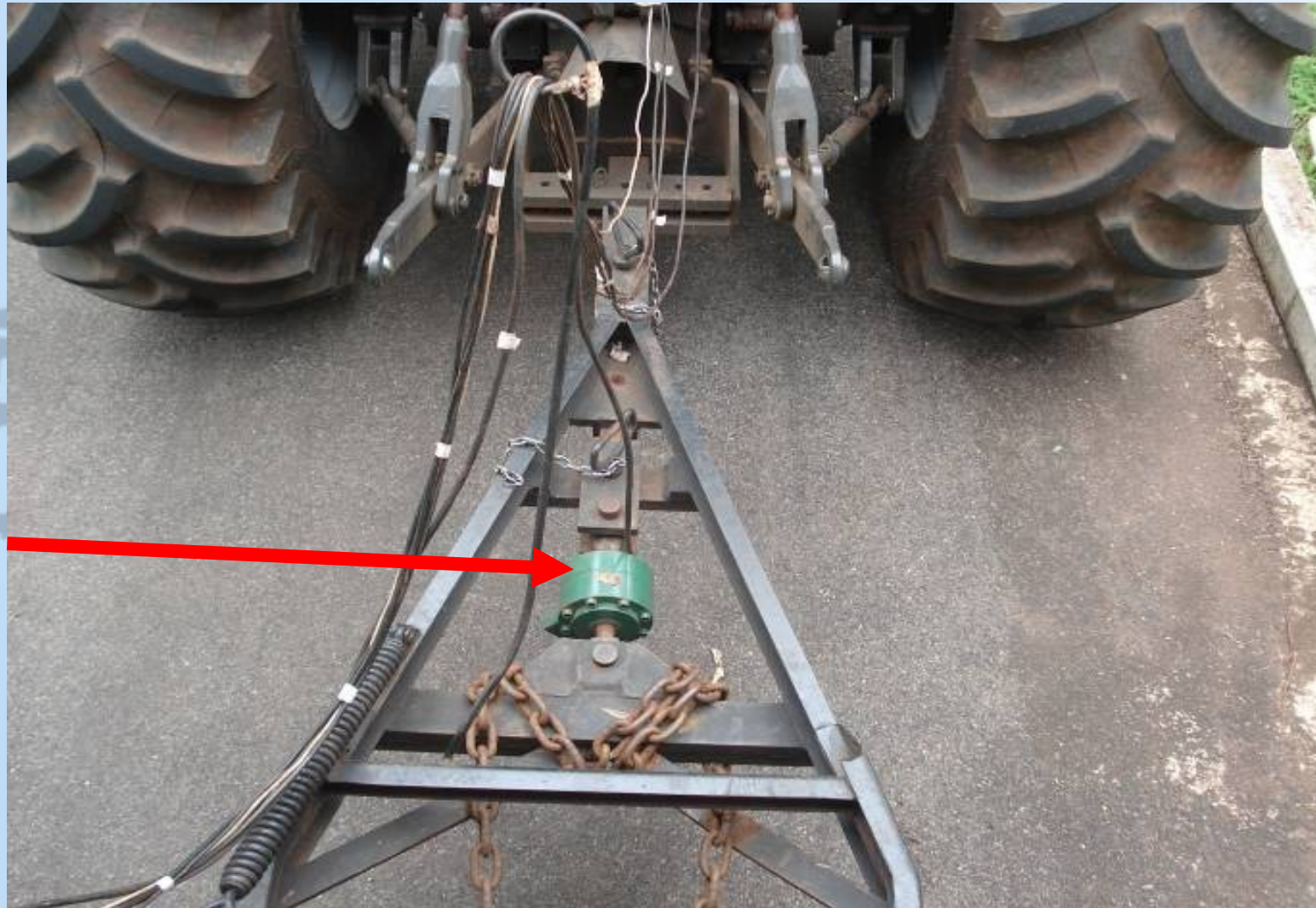
Solo firme



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

Força na barra de tração

**CÉLULA
DE
CARGA
(10 t)**





Consumo de combustível



**ENTRADA DO
COMBUSTÍVEL**

**SAÍDA DO
COMBUSTÍVEL**

FLUXÔMETRO



Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

Patinagem do rodado



SENSORES DE ROTAÇÃO



Patinagem do rodado

ACIONAMENTO



**RODA
ODOMETRICA**





Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

Sistema para aquisição e monitoramento de dados obtidos por sensores





Dados obtidos

- a) Velocidade de deslocamento, km.h^{-1} ;
- b) Consumo específico de combustível, g.kwh^{-1} ;
- c) Potência útil na barra de tração do trator, kw
- d) Patinagem nas rodas motrizes, %;
- e) Capacidade operacional de campo, ha.h^{-1} .



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

Otimização do desempenho de tratores



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

ADEQUAÇÃO DO TRATOR

Para otimizar o desempenho de um trator devemos:

**DETERMINAR O PESO CORRETO (LASTRAGEM) DO TRATOR:
NO EIXO DIANTEIRO
NO EIXO TRASEIRO**

UTILIZAR PNEUS ADEQUADOS E CORRETAMENTE INFLADOS

ADOTAR VELOCIDADE (MARCHA) ADEQUADA

AVALIAR AVANÇO, PATINAGEM E QUALIDADE DA OPERAÇÃO

REGISTRAR DADOS OPERACIONAIS: ha/h; L/h; L/ha; EFICIÊNCIAS



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

LASTRAGEM

Lastragem Insuficiente:

- excessiva patinação das rodas
- perda de potência de tração
- desgaste acentuado dos pneus
- alto consumo de combustível
- baixa produtividade

Lastragem Excessiva:

- aumento da carga sobre a transmissão
- perda de potência de tração
- rompimento das garras dos pneus
- compactação do solo
- alto consumo de combustível
- baixa produtividade



Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

OTIMIZANDO A LASTRAGEM

Determinar o peso total recomendado e a distribuição de peso para a aplicação.

Tipo de Lastragem	Leve	Média	Pesada
kg/cv	50	55	60



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

DISTRIBUIÇÃO DO PESO DO TRATOR

Modelo do trator	Eixo do trator	Equipamento Arrasto	Semi-montado	Montado (3º ponto)
4x2	Dianteiro	25%	30%	35%
	Traseiro	75%	70%	65%
4x2 – TDA 4x4	Dianteiro	35%	35%	40%
	Traseiro	65%	65%	60%



Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

EXEMPLO: Distribuição do peso no eixo dianteiro e traseiro

Peso
Eixo Dianteiro
(kgf)

Peso
Eixo Traseiro
(kgf)

7700

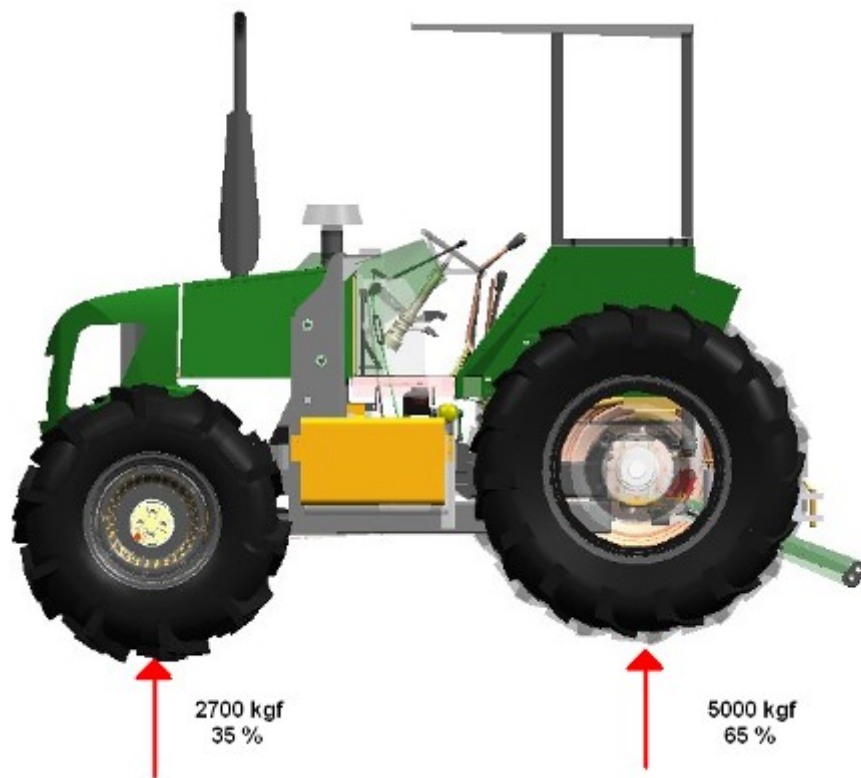
7700

x 0,35

x 0,65

2700

5000





Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

LASTRAGEM SÓLIDA



**PESOS
DIANTEIROS**



**PESOS
TRASEIROS**





Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

LASTRAGEM LÍQUIDA: Água

É a adição de água nos pneus do trator.

A posição do bico, indica a quantidade de água introduzida.

BICO NA PARTE SUPERIOR →

75% DE ÁGUA

BICO A 45° NA PARTE SUPERIOR →

60% DE ÁGUA

BICO NA ALTURA MEDIANA →

50% DE ÁGUA

BICO A 45° NA PARTE INFERIOR →

40% DE ÁGUA

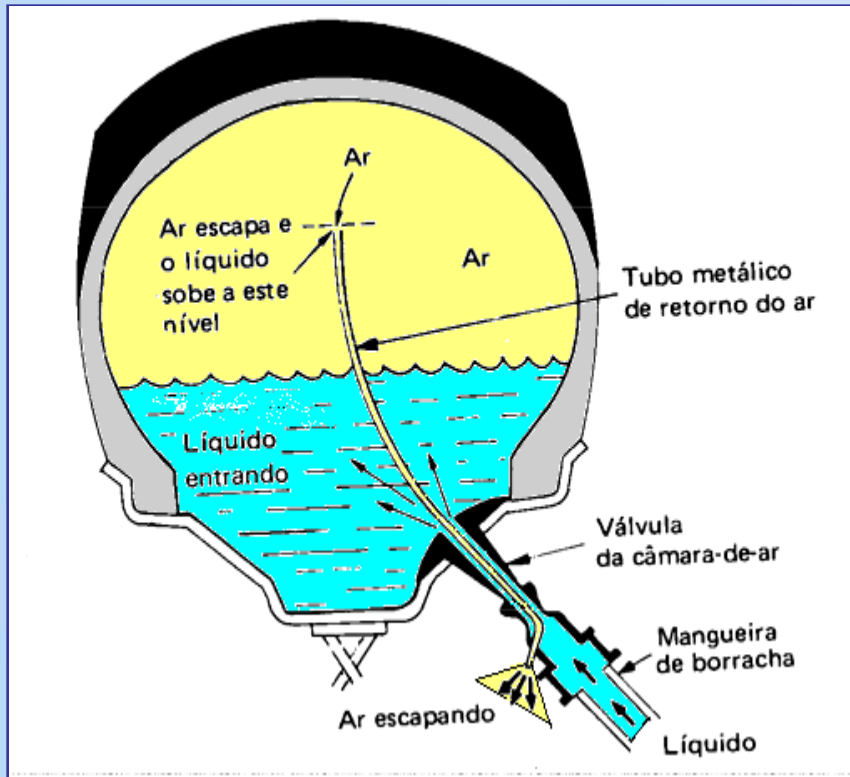
BICO NA PARTE INFERIOR →

25% DE ÁGUA



Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

PROCEDIMENTOS PARA LASTRAGEM LÍQUIDA





Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

LASTRAGEM LÍQUIDA

BICO NA PARTE SUPERIOR



75% DE ÁGUA



Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

LASTRAGEM LÍQUIDA

BICO A 45° NA PARTE SUPERIOR



60% DE ÁGUA



Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

LASTRAGEM LÍQUIDA

BICO NA ALTURA MEDIANA



50% DE ÁGUA



Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

LASTRAGEM LÍQUIDA

BICO A 45° NA PARTE INFERIOR



40% DE ÁGUA



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

LASTRAGEM LÍQUIDA

BICO NA PARTE INFERIOR



25% DE ÁGUA



Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

CALIBRAGEM CORRETA

DIMINUIÇÃO DE ATÉ 20 % NO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL



ECONOMIA DE ATÉ 7,5 % NO TEMPO GASTO



DIMINUIÇÃO DE ATÉ 80 % NA COMPACTAÇÃO DO SOLO





Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

PRESSÃO (psi) 18

18

24

3

4500

0,298

8,0

4

6000

0,288

11,6

EFEITO DA CALIBRAGEM NO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

PRESSÃO (psi) 18

18

18

3

5000

0,313

10,8

SOLO FIRME

			Repet.	FORÇA (kgf)	C. ESP (L/cvh)	PAT. TRAT (%)
	TRASEIRO	DIANTEIRO	1	4500	0,274	8,3
PNEU	850/50-38	660/60-35	2	5000	0,278	8,0
PRESSÃO (psi)	16	16	3	5000	0,278	9,4
			4	6500	0,314	31,4
PRESSÃO (psi)	18	18	1	4500	0,297	6,0
	TRASEIRO	DIANTEIRO	2	4500	0,293	6,8
PNEU	850/50-38	660/60-30.5	3	5000	0,288	8,6
PRESSÃO (psi)	20	18	4	5500	0,335	24,2

PRESSÃO (psi) 20

20

18

3

5000

0,288

8,6

AUMENTO DE 7% NO CONSUMO



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

PRESSÃO (psi) 18

18

24

3

4500

0,307

7,4

4

5000

0,307

8,5

PRESSÃO (psi) 18

18

3

4500

0,367

21,6

SOLO COM PALHADA

	TRASEIRO	DIANTEIRO
PNEU	850/50-38	660/60-35
PRESSÃO (psi)	16	16

	TRASEIRO	DIANTEIRO
PNEU	850/50-38	660/60-30.5
PRESSÃO (psi)	20	18

PRESSÃO (psi) 20

18

3

5000

0,289

8,6

Repet.	FORÇA (kgf)	C. ESP (L/cvh)	PAT. TRAT (%)
1	4500	0,262	6,3
2	5000	0,288	8,2
3	5200	0,291	11,8
4	6500	0,337	29,8
1	5000	0,312	10,8
2	4500	0,344	10,3
3	4500	0,305	6,9
4	4700	0,310	11,2
1	5000	0,314	18,4
2	5000	0,335	18,4

AUMENTO DE 18% NO CONSUMO



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

PRESSÃO (psi) 18 18
SOLO PREPARADO

			2	4500	0,355	12,0
			Repet.	FORÇA (kgf)	C. ESP (L/cvh)	PAT. TRAT (%)
	TRASEIRO	DIANTEIRO	1	3500	0,349	11,2
PNEU	850/50-38	660/60-35	2	3700	0,371	15,2
PRESSÃO (psi)	18	24	3	4500	0,298	8,0
PRESSÃO (psi)	16	16	4	4300	0,382	22,0
			4	4900	0,379	31,1
PRESSÃO (psi)	TRASEIRO	DIANTEIRO	3	4400	0,363	16,8
PNEU	850/50-38	660/60-30.5	2	4500	0,357	20,7
PRESSÃO (psi)	20	18	3	4800	0,444	36,2
PRESSÃO (psi)	16	16	4	5000	0,441	41,8
			4	6500	0,314	31,4

AUMENTO DE 16% NO CONSUMO

PRESSÃO (psi)	20	18	3	5000	0,289	8,0
			4	5800	0,335	24,2



Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

AUMENTO DE 8% NO CONSUMO

SOLO ARENOSO

			Repet.	FORÇA (kgf)	C. ESP (L/cvh)	PAT. TRAT (%)
PNEU PRESSÃO (psi)	TRASEIRO	DIANTEIRO	1	4000	0,302	6,4
	30.5Lx32	18.4x26	2	4500	0,288	6,4
	18	24	3	5000	0,300	8,1
			4	5500	0,298	11,9
PNEU PRESSÃO (psi)	TRASEIRO	DIANTEIRO	1	4000	0,297	3,6
	710/65-38	600/60-30.5	2	4500	0,295	7,5
	18	18	3	5200	0,309	11,6
			4	5900	0,317	19,7
PNEU PRESSÃO (psi)	TRASEIRO	DIANTEIRO	1	4500	0,264	8,2
	850/50-38	660/60-35	2	5000	0,276	12,5
	16	16	3	5500	0,279	20,1

AUMENTO DE 11% NO CONSUMO

PRESSÃO (psi)

20

4

5000

0,284

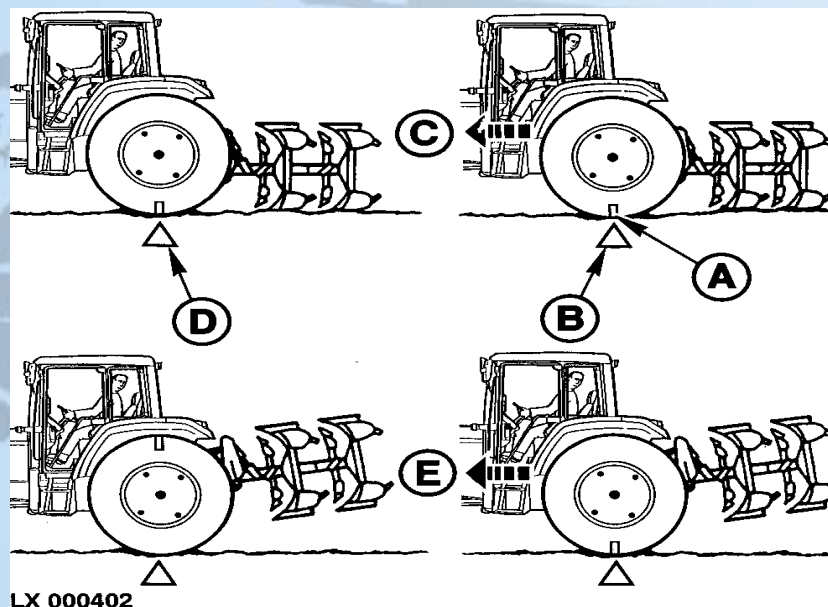
8,0



Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

DETERMINAÇÃO DA PATINAGEM

MÉTODO PRÁTICO:



$$\text{Patinagem (\%)} = \left[\frac{\text{Voltas sem carga} - \text{Voltas com carga}}{\text{Voltas sem carga}} \right] \times 100$$



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

TABELA DE PATINAGEM

VOLTAS EQUIPAMENTO LEVANTADO	VOLTAS EQUIPAMENTO TRABALHANDO	PATINAGEM (%)
10	10,0	0
	9,5	5
	9,0	10
	8,5	15
	8,0	20
	7,5	25
	7,0	30



Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

IDENTIFICAÇÃO VISUAL DA PATINAGEM

Marcas no solo pouco definidas indicam deslizamento excessivo. Neste caso deve-se aumentar a quantidade de lastro no trator

Marcas no solo claramente definidas indicam deslizamento reduzido. Neste caso deve-se diminuir a quantidade de lastro.

A lastragem e a patinagem estará correta quando no centro houver sinais de deslizamento e as marcas nas bordas externas estiverem bem definidas.





Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

AVANÇO

Diferença entre o número de voltas da roda dianteira sem tração e com tração para 10 voltas completas da roda traseira, medido em tratores 4x2 TDA e 4x4.

AVANÇO RECOMENDADO 1 a 5%



Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

DETERMINAÇÃO DO AVANÇO

10 VOLTAS DA
RODA TRASEIRA



Nº DE VOLTAS DA
RODA DIANTEIRA:



COM TRAÇÃO
DIANTEIRA LIGADA



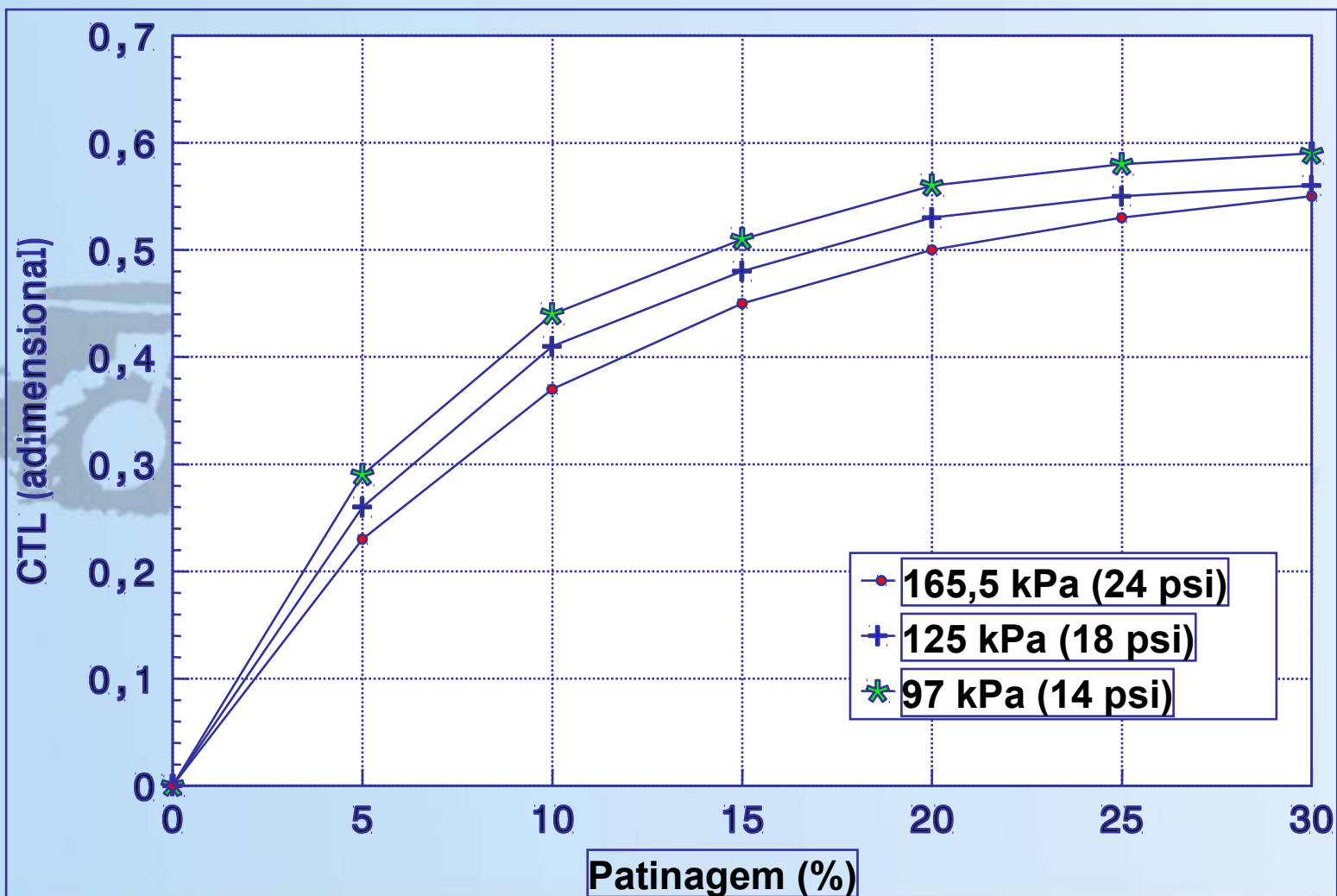
COM TRAÇÃO
DIANTEIRA DESLIGADA





Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

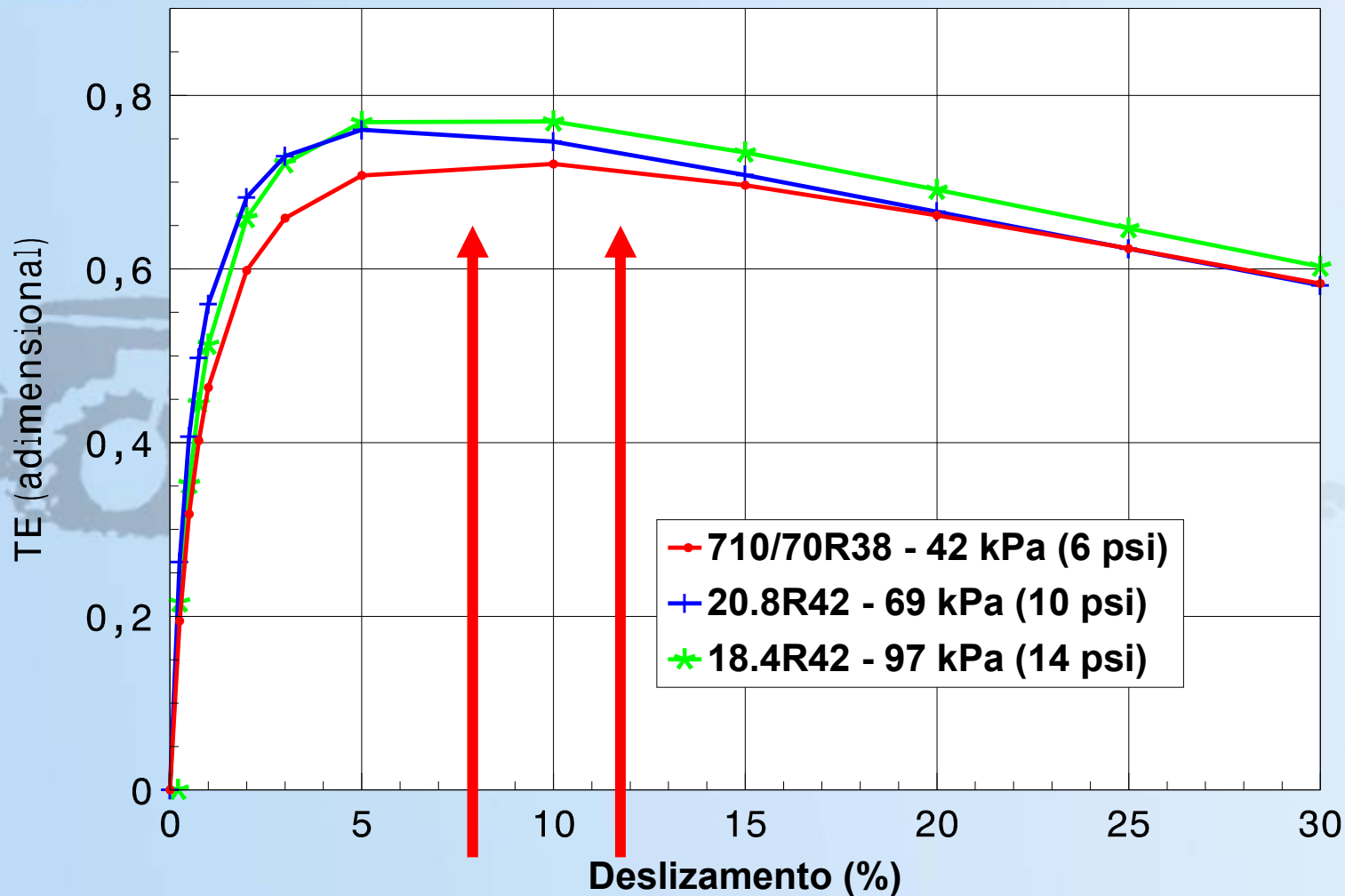
COEFICIENTE DE TRACÇÃO FORÇA DE TRACÇÃO PELO PESO NO RODADO





Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

EFICIÊNCIA TRATIVA: TRATORES 4X2 TDA E 4X4





Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agroflorestais

Exercício:

Calcular força de tração, F_t

- $V=5,57 \text{ km.h}^{-1}$;
- diesel $d=0,75 \text{ kg.kg}^{-1}$;
- Rendimento de tração, $n_t = 38,61\%$
- $P_m= 100,98 \text{ kw}$

$$P_b = \frac{F_t \cdot V}{3,6}$$

$$P_b = \text{kw}; F_t = \text{kN}; V = \text{km.h}^{-1}.$$

$$n_t = \frac{P_b}{P_m}$$