

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO, SEGUNDO A NORMA
OECD – CODE 2 DE DOIS TRATORES AGRÍCOLAS 4x2 TDA COM
MOTORES DE 132 kW EM PISTA CONCRETO E SOLO AGRÍCOLA.**

LEONARDO DE ALMEIDA MONTEIRO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU-SP

JULHO – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO, SEGUNDO A NORMA
OECD – CODE 2 DE DOIS TRATORES AGRÍCOLAS 4x2 TDA COM
MOTORES DE 132 kW EM PISTA CONCRETO E SOLO AGRÍCOLA.**

LEONARDO DE ALMEIDA MONTEIRO

Orientador: Professor Doutor Kléber Pereira Lanças

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas
da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Doutor em Agronomia (Energia na
Agricultura).

BOTUCATU-SP

JULHO – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO, SEGUNDO A NORMA
OECD - CODE 2 DE 2 TRATORES AGRÍCOLAS 4 X 2 - TDA, COM
MOTORES DE 132 kW, EM PISTAS DE CONCRETO E SOLO
AGRÍCOLA"

ALUNO: LEONARDO DE ALMEIDA MONTEIRO

ORIENTADOR: PROF. DR. KLEBER PEREIRA LANÇAS

Aprovado pela Comissão Examinadora



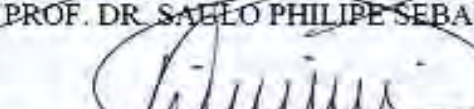
PROF. DR. KLEBER PEREIRA LANÇAS



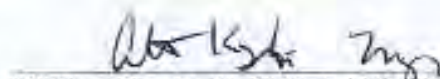
PROF. DR. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA



PROF. DR. SELLO PHILIP SEBASTIÃO GUERRA



PROF. DR. RENILDO LUIZ MION



PROF. DR. ALBERTO KAZUSHI NAGAOKA

Data da Realização: 05 de julho de 2011.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Monteiro, Leonardo de Almeida, 1974-
M775d Desempenho operacional e energético segundo a norma
OECD - CODE 2 de dois tratores agrícolas 4 x 2 TDA com
motores de 132 kW em pista concreto e solo agrícola /
Leonardo de Almeida Monteiro. - Botucatu : [s.n.], 2011
viii, 85 f. : il., gráfs., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Fa-
culdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011

Orientador: Kléber Pereira Lanças

Inclui bibliografia

1. Eficiência trativa. 2. Ensaio de máquinas. 3. Ensaio
OECD. 4. Pneus. 5. Tratores agrícolas. I. Lanças, Kléber
Pereira. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mes-
quita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências
Agrônômicas. III. Título.

OFERECIMENTO

À DEUS sobre todas as coisas !

Aos meus pais Hélió Antônio e Maria das Dores

A minha filha Alycia

Pelo carinho, compreensão e paciência que tiveram

Em todo tempo desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças pelas orientações firmes e seguras, pelos ensinamentos, além do apoio, amizade, dedicação e paciência.

Aos amigos do curso de Pós Graduação em Energia na Agricultura: Indiamara Marasca, Fabrício Campos Masiero, Fernando Henrique Campos, André Satoshi Seki, Éder Aparecido, Guilherme Oguri, Gustavo Montanha, Ricardo Carvalho Tosin e Gabriel Lyra.

À supervisão, encarregados, operadores e aos funcionários das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Produção da UNESP, Campus de Botucatu, sempre atenciosos aos nossos pleitos e que nos deram todo apoio necessário e trabalharam incansavelmente na construção das pistas de ensaios para o bom andamento da pesquisa.

Aos técnicos do Departamento de Engenharia Rural da UNESP, Botucatu que nos auxiliaram na determinação das características físicas do solo, calibração, testes e aferição dos equipamentos e sensores utilizados nos ensaios.

Às secretárias do Departamento de Engenharia Rural pela solicitude e presteza no atendimento.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Agronomia da UNESP - Botucatu, pela paciência, consideração e apoio recebido.

À Coordenação do Curso de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração Energia na Agricultura, Departamento de Engenharia Rural e Faculdade de Ciências Agronômicas pela oportunidade de execução deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado.

Enfim, a todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho de pesquisa.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
4.1 Teoria da tração	8
4.2 Interação Rodado e Solo	11
4.3 Força na Barra de Tração	14
4.4 Desempenho Operacional de Tratores	16
4.5 Ensaio de Tratores Agrícolas	20
4.6 Desempenho dos Pneus Agrícolas	22
4.7 Patinagem dos Rodados	26
4.8 Consumo de Combustível	27
5 MATERIAL E MÉTODOS	29
5.1 Material	29
5.1.1 Localização da Área Experimental	29
5.1.1.1 Pista de Solo Agrícola	30
5.1.1.2 Pista de Concreto	30
5.1.2 Tratores e Pneus	31
5.1.3 Amostragem e Caracterização Física do Solo da Área Experimental .	33
5.1.4 Sistema de Aquisição de Dados	34
5.1.5 Força de Tração na Barra	34
5.1.6 Patinagem dos Rodados do Trator	36
5.1.7 Consumo Horário de Combustível	36
5.2 Métodos	37
5.2.1 Delineamento experimental	37
5.2.2 Descrição dos Tratamentos	38
5.2.3 Ensaio OECD-Code 2	38
5.2.4 Aquisição dos Dados Obtidos nas Pistas	39

SUMÁRIO

	Página
5.2.5 Força de Tração na Barra	39
5.2.6 Velocidade de deslocamento	39
5.2.7 Patinagem dos Rodados do Trator	40
5.2.8 Potência disponível na barra de Tração	40
5.2.9 Consumo Horário de Combustível	41
5.2.10 Consumo Específico de Combustível	41
5.2.11 Rendimento na Barra de Tração	42
5.2.12 Coeficiente de Tração	42
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6.1 Consumo Específico de Combustível	43
6.2 Velocidade de Deslocamento do Trator	47
6.3 Patinagem dos Rodados	49
6.4 Potência na Barra de Tração	51
6.5 Rendimento na Barra de Tração	53
7 CONCLUSÕES	54
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
9 APÊNDICE.....	66

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Massa do Trator John Deere 7715 utilizado no experimento	32
2 Massa do Trator New Holland TM 7040 utilizado no experimento	33
3 Características dos Pneus Radiais Michelin equipados no Trator NH TM 7040.....	33
4 Caracterização Física da Área Experimental	33
5 Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2 segundo a norma OECD-Code 2.....	44
6- Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B3 segundo a norma OECD-Code 2	44
7- Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) do trator em pista de concreto e em pista de solo agrícola na marcha B3 segundo a norma OECD-Code 2	45
8 – Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) do trator New Holland em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2 segundo a norma OECD-Code 2.....	46
9 - Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) do trator em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo agrícola na marcha C1.....	46
10 – Valores médios da velocidade de deslocamento (Veloc) do trator em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2 segundo a norma OECD-Code 2	46
11 - Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) dos tratores em pista de solo agrícola na marcha B3 segundo a norma OECD-Code 2	47
12 – Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) dos tratores em pista de solo agrícola na marcha C1 segundo a norma OECD-Code 2	47
13 - Valores médios da velocidade de deslocamento (Veloc) do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2 segundo a norma OECD-Code 2	48
14 – Valores médios da velocidade de deslocamento (Veloc) do trator em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2 segundo a norma OECD-Code 2	48
15 - Valores médios de patinagem (Pat) dos rodados do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2, segundo a norma OECD-Code 2	50
16 – Valores médios de patinagem (Pat) dos rodados do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B3, segundo a norma OECD-Code 2.....	50
17- Valores médios de patinagem dos rodados do trator (Pat) em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha C1,segundo a norma OECD-Code 2	50

LISTA DE TABELAS

	Página
18- Valores médios de patinagem dos rodados do trator John Deere (Pat) em pista de concreto segundo e pista de solo agrícola na marcha B2, segundo a norma OECD-Code 2.....	51
19- Valores médios de potência na barra de tração (Pot) do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2, segundo a norma OECD-Code 2.....	52
20 - Valores médios de potência na barra de tração (Pot) do trator New Holland em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2, segundo a norma OECD-Code 2.....	52
21- Valores médios de potência na barra de tração (Pot) dos tratores em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2, segundo a norma OECD-Code 2 ..	53
22 – Valores médios de potência na barra de tração (Pot) do trator pista de solo agrícola na marcha B3 segundo a norma OECD-Code 2	53
23 – Valores médios de rendimento na barra de tração (Rend Bt) do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2 segundo a norma OECD-Code 2	54
24 – Valores médios de rendimento na barra de tração (Rend Bt) do trator New Holland em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2, segundo a norma OECD-Code 2.....	54
25 – Valores médios de rendimento na barra de tração (Rend Bt) do trator em pista de concreto na marcha B2 segundo a norma OECD-Code 2.....	55
26 – Valores médios de rendimento na barra de tração (Rend Bt) do trator em pista de solo agrícola na marcha B3 segundo a norma OECD-Code 2.....	55

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Forças aplicadas numa roda motriz (Bainer et al., 1963)	8
2 Vista da Pista de Solo Agrícola	30
3 Vista da Pista de Concreto	31
4 Trator John Deere 7715 Utilizado no Ensaio	31
5 Trator New Holland TM 7040 Utilizado no Ensaio	32
6 Bancada de Instrumentação com CLP e um Microcomputador Portátil	34
7 Conjunto Trator Unidade Móvel para Ensaio na Barra de Tração –UMEB	35
8 Célula de Carga Marca Sodemex, Modelo N400	35
9 Geradores de Pulsos Instalados no Trator para Determinar a Patinagem	36
10 Fluxômetro Volumétrico para Medição do Consumo de Combustível	37

1 RESUMO

O trator agrícola é uma das principais fontes de potência no meio rural. A utilização correta dos pneus, tanto em relação ao seu tipo quanto à calibração de sua pressão interna, são fatores que influenciam, significativamente, no seu desempenho. Outros fatores de regulagem do trator, tais como, a lastragem e a velocidade de deslocamento ideal para cada condição de superfície de solo, são fatores que modificam sua eficiência trativa.

Neste trabalho avaliou-se o desempenho operacional e energético de dois tratores agrícolas 4x2 TDA com potência nominal no motor de 132 kW (180 cv), através do consumo horário e específico de combustível, patinagem, rendimento e potência na barra de tração em pista de concreto e em pista de solo agrícola, segundo a norma OECD – Code 2 (2008), para três velocidades teóricas de deslocamento do trator $6,5 \text{ km.h}^{-1}$, $7,5 \text{ km.h}^{-1}$ e $8,5 \text{ km.h}^{-1}$, correspondentes às marchas B2, B3 e C1 marcadas no painel dos tratores.

Aplicou-se um delineamento experimental em faixas, denominadas pistas, e definidas pelas condições da superfície de rolamento (Concreto e Solo Agrícola).

Em cada pista foram dispostos os tratamentos com um arranjo fatorial de $2 \times 2 \times 3$, sendo analisados dois tratores (John Deere¹ e New Holland), o tipo de superfície de rolamento (pista de concreto e pista de solo agrícola) e as marchas utilizadas nos tratores ensaiados (B1, B2 e C1), com cinco repetições por faixa, totalizando 60 unidades experimentais. Esses fatores foram arranjados 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.

¹ A citação de marcas e modelos não implica na recomendação do autor.

Para a realização do experimento utilizou-se a Unidade Móvel de Ensaio na Barra de Tração – UMEB, pertencente ao Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais - NEMPA, do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA - UNESP, Botucatu – SP, como carro dinamométrico (ou de frenagem), estando equipado com os sistemas de aquisição e armazenamento de dados gerados pelos sensores instalados no trator.

Foram monitoradas a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar, a rotação do motor e a temperatura do combustível. Para medição do consumo de combustível utilizaram-se dois fluxômetros, um instalado na saída do tanque de combustível para o sistema de alimentação do combustível e o outro instalado no retorno do combustível para o tanque, sendo o consumo de combustível obtido pela diferença entre os dois, a patinagem foi obtida através da instalação de sensores de rotação do tipo "encoder", em cada roda do trator. Para medir a força na barra de tração utilizou-se uma célula de carga instalada no cabeçalho da UMEB.

A pista de solo agrícola apresentou os maiores valores de patinagem, consumo horário e específico de combustível e os menores valores de rendimento e potência na barra de tração para ambos os tratores utilizados no ensaio. Entre os tratores, os melhores resultados foram obtidos pelo trator John Deere, na pista de concreto e na pista de solo agrícola.

A marcha C1 (8,5 km.h⁻¹), apresentou a melhor eficiência energética em ambos os tratores, mostrando que esta é a melhor velocidade a ser utilizada nas operações agrícolas, para as condições apresentadas.

A norma OECD-Code 2, além de certificar que os tratores satisfazem o desempenho anunciado, permite a aplicação de um protocolo padronizado de ensaio, podendo ser utilizada para verificar o desempenho entre tratores de diferentes marcas e modelos; porém, não podendo garantir que os resultados dos ensaios realizados em diferentes locais e épocas, possam ser comparáveis, devido às características ponderais que existem entre os tratores, principalmente, com relação ao peso do trator em ordem de embarque.

Para os ensaios futuros os tratores avaliados deveriam apresentar tanto seus pesos totais quanto a distribuição dos pesos nos eixos iguais, além disso, para a aplicação do ensaio, deveriam ser cumpridos todos os requisitos existentes para ensaios na barra de

tração tais como as condições ambientais, pista de ensaio, instrumentação, e outros, conforme especificado no Código 2 da OCDE (OCDE, 2008).

OPERATIONAL AND ENERGETIC PERFORMANCES OF TWO 4WD AND 132 kW ENGINES AGRICULTURAL TRACTORS UNDER THE OECD - CODE 2 - STANDARD IN CONCRETE AND AGRICULTURAL SOIL TRACKS

Author: LEONARDO DE ALMEIDA MONTEIRO

Advisor: KLEBER PEREIRA LANÇAS

2 SUMMARY

The tractor is a major energy and work source in rural areas. The correct use of tires, both in relation to their type and the calibration of its internal pressure, are factors that significantly affect the performance. Other factors that modify traction efficiency are related to the tractor setup, such as the ballast (weight balance) and the ideal travel speed for each soil condition.

In this work the operational and energy performance of two agricultural tractors with 132 kW (180 hp) of engine rated power were evaluated based on data of efficiency and power in the drawbar, fuel consumption, specific fuel consumption and tire slippage. The tests were run on concrete runway, according to the standard OECD - Code 2, as well as in agricultural runway with the same three theoretical speeds of the tractor: 6,5 km.h⁻¹, 7,5 km.h⁻¹ and 8.5 km.h⁻¹, which correspond to gears B2, B3 and C1, respectively.

An experimental design in bands was utilized, where each band corresponded to one of two conditions of the soil surface (concrete and agricultural soil), with three travel speeds and five replicates. Thus, 120 experimental units were conducted and the experimental data was treated through basic descriptive statistics and analysis of variance.

A Mobile Unit Drawbar Tests – UMEB was used in the experiments at the Nucleus of Agricultural and Forest Machinery and Tire Tests - NEMPA, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Sciences - FCA - UNESP, Botucatu – SP. This unit was operated like a dynamometric car (or braking car), equipped with a data acquisition and storage system to manage the signals generated by the sensors on the tractor and UMEB.

The ambient temperature, relative humidity, and temperature of the fuel were monitored. Two flow meters were used to measure fuel consumption; one assembled in the output of the fuel tank and the other in the fuel return line. Fuel consumption was calculated as the difference between the two sensors. The four tire slippage were obtained from four encoder sensors, installed in each tractor. To measure the drawbar pull was used a load cell installed at the head of UMEB.

The agricultural soil had the highest values of slippage, fuel consumption and specific fuel consumption and lower levels of income and power in the drawbar for both tractors used in the tests.

Between the tractors, the best results were obtained by John Deere tractor, in both concrete and agricultural soil surfaces.

The gear C1 (8.5 km.h⁻¹) showed the best efficiency in both tractors, showing that was the best gear to be used in agricultural operations for the conditions presented.

The standard OECD-Code 2 make sure that the tractors meet the claimed performance, allows the application of a standardized test protocol that can be used to verify the performance of tractors of different makes and models, but cannot guarantee that the results of tests carried out in different places and times, can be comparable due to the characteristics that exist between the weight tractors especially with respect to weight in order of displacement.

For future tests evaluating tractors must submit both with the same total weight and weight distribution in the axis, in addition to the application of the test shall be met all the requirements for testing in existing drawbar such as environmental conditions, the test track, instrumentation, and others, as specified in Code 2 of the OECD (OECD, 2008).

3 INTRODUÇÃO

O trator agrícola continua sendo a fonte de potência mais utilizada na condução da grande maioria das culturas. Ao longo dos anos, sua constituição estrutural, funcional e ergonômica vem sofrendo significativas mudanças e diversos avanços tecnológicos vêm sendo disponibilizados ao agricultor brasileiro.

Para que um trator agrícola execute uma operação de campo de forma eficiente são necessárias diversas atitudes e providências que se iniciam na seleção adequada do conjunto moto-mecanizado, ou seja, a seleção correta do trator e do equipamento que irão executar tal operação. Hoje em dia as opções de tipos e modelos de tratores são bastante amplas e, muitas vezes, os principais fatores que devem ser utilizados para a seleção dos conjuntos, tais como relação peso/potência, avanço e etc, não são avaliados.

A distribuição da massa do trator nos seus eixos e a força de tração exercida pelo trator, levando-se em consideração a transferência dinâmica de massa entre os eixos, resulta na carga dinâmica aplicada aos rodados, que é um parâmetro importante, pois é o fator utilizado na seleção adequada dos pneus e da pressão de inflação, influenciando diretamente no desempenho do trator e no impacto da carga aplicada no solo.

Uma das funções dos tratores agrícolas são a transformação da energia química contida nos combustíveis e o seu fornecimento na forma de energia mecânica, através da força produzida na barra de tração, utilizada para tracionar máquinas e equipamentos agrícolas.

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. Esses rodados influenciam nos resultados de desempenho operacional do trator em relação ao tipo de construção dos rodados, pressão de inflação, carga aplicada, tipo de dispositivo de tração e do seu desgaste.

A forma construtiva dos pneus tem grande importância na eficiência com que o torque na árvore motriz é convertido em força de tração na barra. Um trator equipado com pneus adequados, para específicas condições superficiais de solo, resulta em melhor desempenho geral, com consequente aumento da capacidade operacional, melhor qualidade de serviço, menor custo e menor impacto nas condições estruturais do solo.

Dentro de uma economia global na qual se insere a agricultura brasileira, a importância e a difusão de informações sobre o desempenho das máquinas são essenciais para tomadas de decisões, principalmente, aquelas relacionadas à otimização da relação custo e benefício.

O ensaio de tratores em solo agrícola é uma das maneiras de se obter informações, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento da tração. Nesses ensaios buscam-se resultados sobre o desempenho dos rodados, relacionados com as características da interação que ocorre entre eles e o solo

A utilização de normas para o ensaio de tratores permite certificar que eles realmente possuem o desempenho anunciado, o protocolo de teste padronizado permite um meio de comparação entre os tratores de diferentes marcas e modelos, também.

Os tratores têm avançado significativamente e agora estão disponíveis em várias configurações. A utilização da Norma OECD-Code 2, permite aplicar um protocolo padronizado de avaliação entre tratores de diferentes marcas e modelos.

Esse trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho energético e operacional de dois tratores agrícolas 4x2 TDA, com potência nominal do motor de 132 kW, através do consumo horário e específico de combustível, rendimento e potência na barra de tração em pista de concreto e Pista de Solo Agrícola, utilizando a norma OECD – Code 2, em três velocidades teóricas de deslocamento do trator $6,5 \text{ km.h}^{-1}$, $7,5 \text{ km.h}^{-1}$ e $8,5 \text{ km.h}^{-1}$, correspondendo as marchas B2, B3 e C1 mostradas no painel dos tratores.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Teoria da Tração

As forças atuantes numa roda motriz que fornece um torque T e traciona uma força resistente R , estão mostradas na Figura 1, conforme apresentado por Bainer et al. (1963). De acordo com Zoz e Grisso (2003) são três as possíveis condições teóricas em que uma roda age sobre o solo: roda sólida sobre superfície sólida, roda deformável em superfície sólida e roda deformável em superfície não sólida, sendo esta última a condição real de trabalho de máquinas no campo.

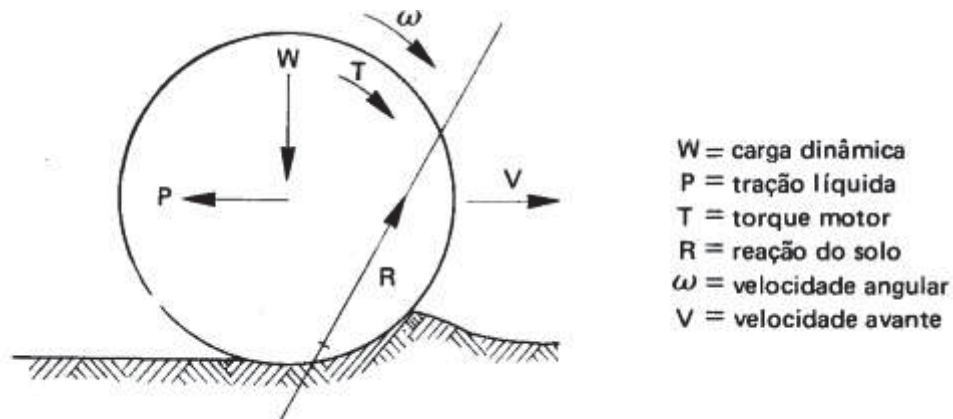


Figura 1: Forças aplicadas numa roda motriz (Bainer et al., 1963).

Bekker (1969), citado por Wood e Burt (1986), definiu a resistência ao movimento como sendo a diferença entre a força de tração bruta e força de tração líquida, conforme Equação 1 e 2:

$$MR = H - NT \quad (1)$$

$$H = T \cdot R_o^{-1} \quad (2)$$

onde:

MR = resistência ao movimento

H = tração bruta ou força total horizontal

NT = tração líquida

T = torque de entrada

r_o = raio de rolamento

Esses autores calcularam a resistência ao movimento através das componentes horizontais da tensão normal do solo, opostas ao movimento do pneu e verificaram que os resultados obtidos estavam em concordância com os resultados advindos da fórmula de Bekker (1969). Concluíram ainda que a pressão de inflação dos pneus foi responsável pela magnitude da componente horizontal da força normal no centro da área de contato pneu-solo e que a carga dinâmica aplicada no pneu controlou essa força fora da área de contato pneu-solo.

A determinação precisa e correta do raio de rolamento dos pneus tornou-se bastante importante a partir do advento dos tratores com tração dianteira auxiliar e tração nas quatro rodas (CHARLES e SCHURING, 1984). O efetivo raio de rolamento de um pneu é definido pela Equação 3:

$$R_r = X \times \frac{2\pi \times n \times t}{v} = v \times \omega^{-1} \quad (3)$$

onde:

Rr = raio de rolamento

X = distância percorrida pelo pneu

n = número de revoluções do pneu

t = tempo gasto para percorrer tal distância

v = velocidade linear do pneu

ω = velocidade angular do pneu

A resistência teórica ao rolamento, conforme Bainer et al. (1963) pode ser calculada segundo a Equação 4:

$$R_r = \sum b \cdot p_{ix} \cdot \Delta z_i \quad (4)$$

onde:

R_r = resistência ao rolamento

b = largura da área de contato rodado/solo

p_{ix} = componente horizontal da pressão normal do solo contra o rodado.

z_i = profundidade de penetração do rodado ao longo da área de contato.

Segundo Mialhe (1980), as três diferentes situações em que uma roda pode se movimentar são: rodas movidas ou rodas que se movimentam em função da ação de uma força externa a esse sistema, rodas auto-propelidas ou rodas que se movimentam pela ação de um torque no seu eixo, porém, esse torque é exatamente suficiente para movimentação somente da roda, sem gerar força útil de tração e rodas motoras ou motrizes ou rodas que, além de se auto-propelirem, ainda fornecem força de tração útil para rebocar ou tracionar outros equipamentos. De acordo com o torque na roda, raio de rolamento e carga no rodado, as rodas podem ser classificadas em: movidas, onde há uma força externa aplicada ao eixo da roda, apresentando patinagem negativa, auto-propelidas onde o torque aplicado no eixo pelo motor produz somente o movimento da roda e a força externa no sistema é zero, e motoras ou motrizes onde o torque aplicado no eixo pelo motor produz o movimento da roda e traciona elementos externos à roda, ou seja, a força externa no eixo é maior que zero e a patinagem é positiva.

4.2 Interação rodado e solo

A tração de veículos e máquinas pode ser definida como sendo a habilidade dos elementos trativos em gerar forças suficientes para superar todo e qualquer tipo de resistências ao movimento e, então, colocar o veículo em constante deslocamento (YONG, 1984). Os resultados obtidos pelo mecanismo de tração dependem do tipo de elemento trativo (rodas ou esteiras) e do tipo de solo que o sustenta.

Gill e Vanden Berg (1968) definiram a tração como sendo a força derivada da interação entre um sistema e um meio, podendo também ser utilizada para facilitar o movimento desejado nesse meio. Para os sistemas de tração com rodados, podem-se escrever as Equações 5 e 6, relativas ao movimento:

$$D = \frac{v_o - v}{v_o} \quad (5)$$

onde:

D = patinagem das rodas (%)

v_o = velocidade inicial (m/s)

v = velocidade do sistema (m/s)

$$CR_r = \frac{F_t}{W} \quad (6)$$

onde:

CR_r = coeficiente de resistência ao rolamento

F_t = força de tração paralela à superfície do solo (N)

W = carga no sistema de tração considerado (N)

A tração gerada pelos rodados é um meio de transformação energética de baixa eficiência, porém, ainda é o método mais utilizado para realizar as operações agrícolas necessárias para a condução das culturas. As principais causas da perda de potência ou força no rodado são: o sistema de direção do trator, a resistência ao rolamento dos rodados, as perdas por atrito com o solo, as deflexões do dispositivo de tração (rodado) e do solo em contato com o mesmo (LANÇAS, 1997).

Para que o dispositivo de tração apresente a maior eficiência tratória possível, Lanças (1997) afirmou que diversas providências deveriam ser tomadas, baseadas na

teoria da tração e em resultados práticos e de pesquisa, que devem levar em conta diversos aspectos, tais como, o tipo de dispositivo de tração (rodado), a interação entre o rodado e o solo, as forças atuantes no rodado, o tipo e condições do solo, a carga atuante no rodado, as deformações e a área de contato entre o rodado e o solo e a Teoria de Cisalhamento do Solo.

Os solos agrícolas variam desde a areia quase pura até aqueles com elevado teor de argila e/ou elementos orgânicos. As propriedades e características da areia são pouco influenciadas pelo seu teor de água e apresentam uma coesão muito baixa. Já os solos argilosos têm suas propriedades (coesão e ângulo de atrito interno) bastante influenciadas pelo seu teor de água e, além disso, são bastante coesivos. Portanto, os solos agrícolas são muito heterogêneos (mesmo considerando pequenas áreas), tanto verticalmente como horizontalmente, sendo impossível o projeto de um dispositivo de tração (rodado) que funcione bem em todas essas condições. Segundo Mialhe (1974) os projetos de máquinas agrícolas são realizados para que a eficiência tratorial fique perto do valor máximo pelo menos em 70 % do tempo de uso da máquina e em 90% dos terrenos agrícolas a que se destina.

Avaliando as condições da superfície do solo, Gabriel Filho et al. (2010a), 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.

Em áreas de plantio direto, Gabriel Filho et al. (2010b) concluíram que, o solo quando coberto com restos de cultura, pneus de garra baixa podem ser utilizados sem modificar a eficiência do trator.

Conforme demonstrado por Bekker (1969) e confirmado por diversos autores (MIALHE, 1980; ALCOCK, 1986 e UPADHYAYA e LANÇAS, 1994) a teoria Clássica de Coulomb sobre a resistência ao cisalhamento de corpos rígidos, pode ser aplicada aos solos, conforme Equação 7:

$$\tau = C + \sigma_n . \operatorname{tg} \phi \quad (7)$$

onde:

τ = Resistência do Solo ao Cisalhamento (máxima tensão de cisalhamento)

C = Coesão do solo (que é a parte da resistência que independe da pressão normal)

σ_n = Tensão normal ao plano de cisalhamento

ϕ = ângulo de atrito interno do material

$\tan \phi$ = coeficiente de atrito entre os materiais

Zoz e Steinbruegge (1966) constataram que a utilização da Teoria Clássica de Coulomb para a obtenção das tensões no solo, não são suficientes para o estudo das interações ocorridas nos solos agrícolas ou para a previsão da tração e esforços durante o preparo do solo. Concordando com a afirmação dos autores anteriormente citados, Taylor e Vanden Berg (1965) verificaram que a aplicação da equação de Coulomb foi válida somente para os casos onde a correlação entre o cisalhamento do solo e o deslocamento do dispositivo de tração apresentava um valor máximo bem definido e, além disso, os valores da tensão de cisalhamento somente eram válidos para esse ponto máximo. Da mesma forma, os autores concluíram que a tensão de cisalhamento do solo não é uma função linear da carga quando o deslocamento do solo é tomado como uma constante.

Pavlics (1958) relatou que dois aparelhos foram desenvolvidos pelo "Land Locomotion Research Branch of the Research and Development Division" para determinar alguns parâmetros do solo que são utilizados para a avaliação do desempenho de veículos, sendo um deles o aparelho para determinar a correlação entre a carga vertical aplicada no solo e a sua deformação e o outro o aparelho de medida do torque necessário para o cisalhamento do solo.

A importância da resistência do solo ao cisalhamento tem sido longamente reconhecida pelos pesquisadores que trabalham com as propriedades mecânicas do solo, conforme relatado por Bailey e Weber (1964). Vários aparelhos têm sido utilizados para medir essa resistência, sendo que alguns deles incluem pratos retangulares e anulares, com e sem garras, dinamômetros de torção e células triaxiais.

Considerando uma distribuição uniforme da pressão no solo, a força de tração pode ser escrita conforme Equação 8:

$$H = A.C + W . \tan \phi \left[1 - \frac{1}{J} e^{-J} \right] \quad (8)$$

onde:

H = força de tração

$A = b \cdot \ell$ = área de contato rodado/solo

b = largura da área de contato

ℓ = comprimento da área de contato

W = carga aplicada no rodado

σ = pressão de contato solo/rodado

$J = S \cdot \ell / K$

S = patinagem do rodado

K = módulo de deformação do rodado

j = deformação por cisalhamento

k = módulo de cisalhamento

4.3 Força na Barra de Tração

A transformação da energia química contida nos combustíveis, em energia mecânica possibilita que um trator possa fornecer força tanto através da tomada de potência como por meio de seu sistema hidráulico; porém, é através da barra de tração que a utilização dessa energia gerada é mais usual, pois permite tracionar máquinas e equipamentos agrícolas (SRIVASTAVA et al., 1996).

A tração pode ser definida como a força na direção do deslocamento, produzida por um trator através da barra de tração (ASAE S296. 4 1999). Segundo a ASAE D497. 4 (1999) o desempenho na barra de tração de um trator depende, primariamente, da potência do motor, da distribuição de peso sobre os rodados, da altura e posição dos engates da barra e da superfície do solo. A eficiência no uso dessa força é limitada pela ação dos dispositivos de tração, que nos tratores agrícolas, geralmente, são rodas pneumáticas (SRIVASTAVA et al., 1996).

A capacidade de tração e o fornecimento de potência suficiente para desempenhar a maioria das operações necessárias na agricultura 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 e GRISSE, 2003).

Como ocorre em todo sistema de transmissão de energia, no sistema de transmissão de potência do motor para a barra de tração existem perdas que, dependendo das condições de operação do trator, podem atingir níveis bastante comprometedores de seu desempenho. Nas avaliações de perda de potência efetuadas por Zoz (1987), nos diferentes mecanismos do trator e diferentes condições de solo, para tratores 4x2, as perdas de potência variaram de 20% em pistas de concreto até 53 % em solo agrícola.

Quando o motor gira em determinada rotação, dividindo os valores obtidos de potência na barra de tração com aqueles da potência na tomada de potência, obtêm-se os diversos rendimentos da transmissão e a média entre eles; de posse dessas informações, tem-se os índices que representam a eficiência energética dos tratores (SILVEIRA e SIERRA 2010).

Várias são as situações e condições que podem influenciar a tração e uma das principais é o solo, em função das suas propriedades e condição da superfície. As condições do solo que afetam a eficiência de tração de um trator agrícola são a textura, o teor de água e o tipo de cobertura existente sobre o mesmo (YANAI et al., 1999).

Outro fator importante na avaliação do desempenho do trator, e que está relacionado com o desempenho na barra de tração, é o consumo horário de combustível. Conforme Jenane et al. (1996), dependendo da superfície do solo, o menor consumo de combustível é obtido quando a patinagem está entre 10 e 15% para tratores com tração dianteira auxiliar. Entretanto, a ASAE EP496. 2 (1999) relata que, em solos firmes, o melhor desempenho de trator ocorre quando a patinagem está entre 8 e 12%, para tratores com tração dianteira auxiliar.

Devido ao complexo conjunto de fatores que envolvem a interação do rodado com o solo, vários estudos e modelos foram propostos visando avaliar a eficiência de tração desses mecanismos de interação rodado/solo. Em seus estudos, Wismer e Luth (1974) desenvolveram uma equação largamente utilizada para avaliar a eficiência de tração, em condições de campo, para pneus de constituição diagonal. Visando aperfeiçoar essa equação, várias alterações foram propostas ao longo dos anos, por diversos autores. A equação de Brixius (1987), tem sido a mais utilizada e adotada pela American Society of Agricultural Engineers (ASAE D497. 4, 1999).

Serrano (2008) relata que os ensaios de campo, realizados em situações de mobilização primária de solos de textura média, permitiram estabelecer um modelo de previsão da força de tração na barra (T, em N) em função da massa da grade de discos (m, em kg), a qual se pode expressar matematicamente pela equação $T = 7,3965m + 7541,6$, com coeficiente de determinação de 0,79. Este modelo de previsão confirma o modelo apresentado pela ASAE (1995) para grades de discos offset.

Ao avaliar o desempenho na barra de tração do trator em função das variações da pressão de inflação dos pneus, Masiero et. al. (2009), concluíram que a menor pressão de inflação dos pneus, 69 kPa, resultou em maior potência e rendimento na barra de tração para a força de tração de 30 kN, para a força máxima na barra de tração de 40 kN a pressão de inflação de 124,2 kPa obteve os melhores resultados.

4.4 Desempenho Operacional de Tratores

De acordo com Turnage (1972), algumas equações típicas, utilizadas para a avaliação do desempenho de rodados pneumáticos movimentando-se em solos soltos, podem ser escritas conforme as Equações 9, 10 e 11 respectivamente:

$$\frac{R_r}{W} = 0,04 + \frac{0,20}{\beta - 2,50} \quad (9)$$

$$\frac{P_{20}}{W} = 0,80 - \frac{1,31}{\beta - 2,50} \quad (10)$$

$$\beta = \frac{CI \cdot b \cdot d}{W} \left(\frac{\delta}{h} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{1}{1 + b/2d} \right) \quad (11)$$

onde:

R_r = resistência ao rolamento

β = número de mobilidade

δ = deflexão do pneu sobre superfície rígida

h = altura da secção do pneu

P_{20} = força de tração com 20% de patinagem.

CI = Índice de cone do solo

b = largura do pneu ou da área de contato pneu/solo

d = comprimento da área de contato pneu/solo

W = carga dinâmica aplicada no pneu

Wismer e Luth (1973) afirmaram que a porção dinâmica da simulação da interação roda/solo deve incluir o torque na roda, a velocidade de deslocamento, a força de tração e a patinagem da roda.

Brixius e Wismer (1978) apresentaram equações semelhantes às de Wismer e Luth (1973) e ainda acrescentaram que as avaliações numéricas da resistência ao movimento ou patinagem da roda (forças parasitas na interação roda/solo) dependem da definição ou seleção da condição zero, ou seja: Torque zero: roda rebocada em superfície rígida ou roda rebocada na superfície do local do ensaio e Tração zero: roda auto-propelida em superfície rígida ou roda auto-propelida na superfície do local do ensaio. Os ensaios realizados por esses pesquisadores, utilizando um pneu 18.4R38, mostraram uma eficiência tratória máxima de 65 %, com um coeficiente de tração líquida entre 0,25 e 0,36 e patinagem da roda entre 10 e 15 %, para um solo úmido e preparado com grade e arado de discos.

Brixius (1987) mostrou que a condição de torque zero deve ser determinada com a roda rebocada e, neste caso, a patinagem é negativa. Para a roda auto-propelida a tração líquida é zero e a patinagem também será zero somente na superfície rígida. Para solo agrícola a patinagem é positiva. Nesta situação a força de tração bruta é igual à resistência ao rolamento. Para a roda motora, a tração líquida e a patinagem são positivas em todas as situações de solo. A máxima eficiência tratória acontece para patinagens entre 5 e 20 % pois, com valores menores que 5 %, uma grande quantidade da potência bruta é utilizada para vencer a resistência ao rolamento e, acima de 20 % a potência bruta é consumida com a própria patinagem do rodado (movimento relativo). O autor ainda cita valores médios obtidos por diversos centros de pesquisas, mostrando que a eficiência tratória fica próxima de 70 %, enquanto o coeficiente de tração líquida varia entre 0,4 e 0,6 e a patinagem da roda, para esses valores, entre 10 e 15 %.

Upadhyaya et al. (1986) construíram um equipamento para ensaio de pneus denominado Equipamento para Teste de Pneus Individuais (*"Unique, mobile, single*

wheel traction testing machine") tendo como principal objetivo o estudo da interação entre o solo e as rodas pneumáticas. Os principais parâmetros avaliados e medidos pelo equipamento foram: velocidade de deslocamento, rotação da roda, força de tração, carregamento vertical na roda, torque na roda e testes de comportamento em superfícies rugosas. Concluíram os autores que o equipamento poderia ser utilizado na condução de estudos, nas condições naturais do solo, relativos à interação entre os pneus e o solo.

Para o desenvolvimento das análises de regressão e correlações existentes entre os parâmetros, as seguintes equações de desempenho e eficiência trativa foram utilizadas:

$$\frac{NT}{W} = a \cdot \left(1 - e^{-c \cdot i}\right) \quad (12)$$

$$\frac{T}{r \cdot W} = \frac{GT}{W} = a' \cdot \left(1 - b' \cdot e^{-c' \cdot i}\right) \quad (13)$$

onde:

NT = tração líquida no eixo da roda

GT = tração bruta no eixo da roda

T = torque na roda

W = carga no eixo da roda

r = raio de rolamento do pneu

$$i = \left(1 - \frac{Va}{r \cdot \omega}\right) \quad (14)$$

sendo:

i = patinação da roda

Va = velocidade de translação da roda

ω = velocidade angular da roda

a , c , a' , b' e c' = coeficientes da regressão

$$TE = \frac{P_o}{P_i} \cdot 100 = \frac{NT \cdot Va}{T \cdot \omega} \cdot 100 = \frac{NT/W}{T/r \cdot W} \cdot \left(1 - i\right) \cdot 100 \quad (15)$$

onde:

P_o = potência líquida de saída da roda

P_i = potência bruta de entrada na roda

A caracterização ponderal é a parte do ensaio de uma máquina agrícola que trata especificamente da caracterização e mensuração relativas ao peso do espécime considerado (Mialhe, 1996). A recomendação e o desempenho operacional dos tratores agrícolas estão diretamente relacionados com o seu peso, sendo importante na execução de determinadas operações onde as necessidades de força de tração podem variar.

Segundo Schlosser et al. (2005), os tratores mais leves, com relações peso/potência em torno dos 35 kg.cv⁻¹, são adequados à execução de operações mais leves e com maiores velocidades, tais como pulverização, transporte interno e externo à propriedade, entre outras. Já os tratores com relação peso/potência em torno dos 60 kg.cv⁻¹ são apropriados a operações de maior exigência de força de tração, desenvolvendo, portanto menores velocidades, tais como aração, escarificação, gradagem e outras.

Atualmente os tratores vêm se tornando mais leves, bem como a relação peso/potência vem sendo reduzida, sendo essa redução maior para tratores de potência mais elevada (Márquez, 1990). Conforme Biondi et al. (1996), a redução no peso dos tratores é explicada pelo melhor dimensionamento do chassi, reduzindo os custos de produção. Esta redução provoca diminuição da resistência ao rolamento, com importante decréscimo da potência perdida, e induz ao uso de implementos com engate no sistema hidráulico de três pontos, que proporcionam transferência de carga dinâmica às rodas motrizes, substituindo com vantagem o lastro fixo. A redução de peso imprime versatilidade ao trator, entretanto em operações que demandam grande esforço de tração determinam uma alta dependência de lastro.

Schlosser et al. (2005), avaliando os tratores nacionais comercializados atualmente no Brasil, verificou um crescimento no peso em função do aumento da potência. Os tratores com potência superior a 100 kW apresentaram um peso 120 % superior ao dos tratores com potência inferior a 50 kW. Os mesmos autores verificaram que o aumento na potência foi proporcionalmente maior que o aumento do peso.

Masiero et. al. (2009), ao avaliarem o desempenho de um trator agrícola em diferentes forças aplicadas na barra de tração e a relação peso e potência do motor

concluíram que a faixa de força de trabalho de menor consumo específico de combustível foi de 20 a 35 kN na barra de tração .

4.5 Ensaio de Tratores Agrícolas

De acordo com Zoz et al. (2002) e Zoz e Grisso (2003), para se entender a mecânica de tração, é fundamental entender a diferença entre desempenho de tração e o desempenho do trator. O desempenho do trator é proporcional ao desempenho dos mecanismos de tração, mas não igual a ele; portanto, para se obter o desempenho de tração é necessário conhecer a potência disponível no dispositivo de tração. Um trator pode operar com uma combinação de dispositivos de tração diferentes, ou seja, pneus de tamanho diferentes nas árvores dianteiras e traseiras. Devido à transferência de peso durante a operação de campo, mesmo um trator com a mesma configuração de pneus na frente e na parte traseira (tratores 4x4), o peso dinâmico nos pneus será, provavelmente, diferente entre as árvores dianteiras e traseiras, requerendo pressões diferentes dos pneus.

Molin et al. (2002) afirmaram que o ensaio de máquinas agrícolas de tração é uma necessidade real que possibilita a ponderação sobre o desempenho do equipamento como fonte de potência

Como ocorre em todo sistema de transmissão de energia, no sistema de transmissão de potência do motor para a barra de tração existem perdas que, dependendo das condições de operação do trator, podem atingir níveis bastante comprometedores de seu desempenho. Nas avaliações de perda de potência efetuadas por Zoz (1987), nos diferentes mecanismos do trator e diferentes condições de solo, para tratores 4x2, estas variaram de 20% em pistas de concreto até 53 % em solo solto.

Várias são as situações e condições que podem influenciar na tração e uma das principais é o solo, em função das suas propriedades e condição da superfície. As condições do solo que afetam a eficiência de tração de um trator agrícola são a textura, o teor de água e o tipo de cobertura existente sobre o mesmo (YANAI et al., 1999).

De acordo com Silva et al. (1997), o objetivo da avaliação do desempenho de tratores agrícola, em ensaios de campo, tem sido gerar informações que

possibilitem dimensionar e racionalizar o uso de conjuntos moto mecanizados na agricultura nas condições de campo reais em que o trator vai trabalhar.

A instrumentação de máquinas agrícolas para a realização de ensaios de campo tem por finalidade a geração de informações, através de sensores instalados nos tratores e equipamentos, proporcionando o conhecimento de parâmetros que possibilitem dimensionar e racionalizar o uso desses conjuntos (SILVA et al., 2001).

Silva e Benez (1997) construíram um sistema de aquisição de dados para medir, exibir e gravar os dados necessários à avaliação do desempenho energético de máquinas e equipamentos agrícolas em trabalhos de campo, usando um sistema eletrônico de aquisição de dados e instrumentos indicadores digitais. Concluíram esses autores que, a grande vantagem do sistema eletrônico de aquisição de dados é a variação na taxa de amostragem e a grande quantidade de dados coletados durante a realização dos ensaios, possibilitando o estudo da grandeza monitorada de modo detalhado.

Correa et al. (2000) analisaram quatro condições de peso total do trator Agrale Deutz BX 4150, com tração dianteira auxiliar, (73,7; 74,9; 75,7 e 79,5 kN) e a distribuição desses pesos em ensaios em pista de concreto e concluíram que o trator ensaiado pode ser utilizado com peso total entre 73,7 e 75,7 kN, o que representou uma redução de 5,9 kN em relação ao máximo lastro permissível. Além disso, segundo os autores, a montagem que proporcionou o melhor desempenho de tração foi uma distribuição percentual em torno de 40% do peso total no eixo dianteiro.

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 tendeu a aumentar a patinagem e, com isso, diminuiu a eficiência de tração.

O desempenho de tração é afetado pelas forças de reação normal e tensão de cisalhamento do solo, pois elas interferem na resistência ao movimento e na redução de deslocamento (ZOZ e GRISSO, 2003). Os autores relatam que, descrever o solo talvez seja a parte mais difícil para avaliar a tração, pois o solo apresenta grandes variações de propriedades e características, que pode facilmente influenciar a sua caracterização. Medir essas variáveis leva tempo e as avaliações dos parâmetros de tração não pode ser reproduzido ou repetido para condições diferentes do solo. Por esta razão, muito dos testes da tração são de

natureza comparativa, isto é, um dispositivo de tração comparado a outro dispositivo, quando operados sob as mesmas condições do solo. Para avaliar as forças do solo que afetam o desempenho da tração, o parâmetro físico mais utilizado nas equações de simulação, é o índice de cone, obtido no campo através dos penetrômetros (WISMER e LUTH, 1974, AL-HAMED et al., 1990 e ZOZ e GRISSO, 2003).

De acordo com Zoz e Grisso (2003) são três as possíveis condições teóricas em que uma roda age sobre o solo: roda sólida sobre superfície sólida, roda deformável em superfície sólida e roda deformável em superfície não sólida, sendo esta última a condição real

Gabriel Filho et. al (2010) avaliando um trator em três diferentes tipos de superfície do solo, concluíram que no solo firme e sem cobertura vegetal, o desempenho do trator foi melhor, seguido pelo solo com a superfície coberta com palha de milho e braquiária e, por último, o solo com a superfície mobilizada.

No estudo do desempenho de tração de um trator além das condições do solo, também as características dos rodados e variáveis como carga dinâmica, força na barra de tração, torque e patinagem afetam a eficiência de tração. Wismer e Luth (1974) desenvolveram uma série de equações que, relacionado às condições do solo e as características dos rodados, simula a eficiência tratória, considerando no total nove variáveis envolvidas com a tração. Conforme Al-Hamed et al., (1990) as equações propostas por Wismer e Luth (1974) foram desenvolvidas para pneumáticos operando em solos atrito-coesivos, com pressão normal de inflação dos rodados e que produz uma deflexão de aproximadamente 20% quando submetido à carga.

4.6 Desempenho dos Pneus Agrícolas

Segundo Mialhe (1980), os pneus utilizados em tratores e máquinas agrícolas devem suportar, com segurança, o peso do trator ou da máquina em condição estática e dinâmica, agir como um sistema de amortecimento dos impactos provocados pelas irregularidades do solo, além de garantir, com eficiência, a transmissão das forças motrizes e frenantes do trator ao solo e vice-versa.

Os pneumáticos do trator constituem um de seus mais importantes componentes, pois tem a função de fornecer equilíbrio, vão livre, deslocamento, direcionamento e esforço tratório (FRANZ, 1988).

A construção dos pneus tem grande importância na eficiência com que o torque na árvore motriz é convertido em tração na barra. As duas formas de construção dos pneus são diagonais e radiais, sendo que o pneu diagonal ou convencional apresenta a carcaça composta de lonas sobrepostas e cruzadas uma em relação às outras e no pneu radial, os cabos da carcaça estão dispostos em arcos perpendiculares ao plano de rodagem e orientados em direção ao centro do pneu (MICHELAN, 2005).

De acordo com Correa (1999), o rodado é a última parte da ligação do motor do trator com o solo e seu estudo é de fundamental importância para um melhor desempenho do trator, havendo, portanto, a necessidade de conhecê-lo com detalhes, utilizando a pressão de inflação indicada pelo fabricante e tomando os devidos cuidados com a sua manutenção. Segundo a autora, todo pneu é projetado para suportar determinadas cargas com uma pressão de ar especificada, sendo que a correta calibração dos pneus lhe garante maior vida útil.

A pressão de inflação tem papel fundamental na área de contato entre o pneu e o solo, além da distribuição de pressão na sua superfície (LEE e KIM, 1997). Esses autores analisaram o efeito da pressão de inflação no desempenho da capacidade tratória de um trator usando pneus diagonais e concluíram que a máxima eficiência de tração foi verificada na velocidade de deslocamento de $5,5 \text{ km.h}^{-1}$; entretanto, os autores não puderam afirmar que, com o aumento da velocidade de deslocamento, houve aumento da eficiência de tração. O melhor desempenho dos rodados do trator foi obtido pelo ajuste da pressão de inflação dos pneus de acordo com o tipo de solo e com as condições superficiais deste solo.

Em trabalho realizado com trator 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), com pneus radiais de baixa pressão e diagonais trabalhando com a TDA desligada, Correa et al. (1997) mostraram que o pneu radial de baixa pressão melhorou significativamente o rendimento do trator quando comparando aos pneus diagonais. Os resultados indicaram uma redução, em média de 28,4% na patinagem das rodas motrizes com pneus radiais e o uso de pneus de construção diagonal proporcionou menores valores de esforço na barra de tração (19,4 kN).

Pneus com baixa pressão de inflação tendem a ter maior área de contato com o solo, fornecendo ao trator maior capacidade tratória. Correa et al. (2000) observaram uma tendência de melhoria na capacidade tratória, quando os pneus estavam inflados na pressão recomendada pelo fabricante. Os resultados obtidos pelos autores evidenciaram diferenças expressivas do uso da pressão correta em relação às altas pressões de inflação, com redução de 11,5% na patinagem e de 3,2% no consumo de combustível do trator. Os autores obtiveram ainda um aumento de 3,7% na potência na barra de tração e de 4,4% na capacidade operacional, com o uso da pressão recomendada pelo fabricante de pneus comparado com a pressão baixa em pneus diagonais.

Os tratores agrícolas podem ser configurados e regulados pelo usuário, com o objetivo de melhorar as suas condições de trabalho, eficiência e economia durante as operações agrícolas. Entre estas configurações pode-se destacar o tipo construtivo dos pneus, a sua pressão de inflação e o lastro líquido e sólido, além do arranjo e distribuição do peso no trator. Contudo, quando alguns destes fatores são alterados, modifica-se também o avanço do trator. Denomina-se avanço de um trator a percentagem da diferença de rotação da roda dianteira, com e sem a tração dianteira acionada, para um mesmo deslocamento da roda traseira, sendo baseada na relação mecânica de distribuição de torque na dianteira e traseira do trator e o raio de cada roda (Linares et. al, 2006).

Monteiro et al. (2009) avaliaram o desempenho do trator em função do tipo construtivo e da lastragem líquida dos pneus, segundo os autores o lastro de 37,5% de água obtiveram-se os menores valores de patinagem e consumo horário de combustível, para o pneu radial e o melhor desempenho do trator equipado com pneu diagonal ocorreu com o lastro líquido de 75% de água.

De acordo com Schlosser et al. (2004), com a tração dianteira ligada e rodas de diferentes tamanhos, aumenta-se a dificuldade em manter o trator operando em sua melhor condição. Essa condição é a solução para a maioria das operações de campos, contudo não é a melhor solução para as condições reais de trabalho.

De acordo com Barbosa (2005), os conjuntos pneumáticos do trator constituem um de seus mais importantes componentes, pois tem a função de obter equilíbrio, deslocamento, direcionamento e esforço tratório.

Gabriel Filho et. al (2010), avaliando a influência da altura das garras no pneu, concluíram que, em solo com cobertura vegetal, esses parâmetros de desempenho do trator foram semelhantes para ambas as alturas de garra dos pneus.

Estudando o efeito da pressão de inflação dos pneus no desempenho do conjunto trator grade de discos, Serrano (2008) concluiu que as situações de pressão de insuflagem dos pneus indicadas pelo fabricante do trator e a pressão de insuflagem indicada pelo fabricante dos pneus, não se verificam diferenças significativas, tanto na capacidade de trabalho como no consumo de combustível por hectare. A utilização de elevadas pressões de insuflagem dos pneus conduz a uma redução da ordem de 3 a 5% na capacidade de trabalho e um 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 registrada.

Smerda e Cupera (2010), afirmam que a redução na pressão de inflação e o uso do tipo adequado dos pneus podem melhorar as características de força de tração e conseqüentemente diminuir o consumo de combustível.

Lanças et al. (1995) realizaram testes de campo com pneus radiais inflados na pressão correta e com altas pressões, utilizando trator com tração nas quatro rodas e rodado duplo, equipado com pneu 18.4R38. Neste estudo verificou-se que a pressão correta do pneu forneceu melhor desempenho operacional do trator, resultando em menor consumo de combustível.

Segundo Márques (2008), o dimensionamento adequado de pneus tem importância decisiva, pneus subdimensionado impedem a conversão da potência do motor em potência de tração, especialmente em operações lentas que exigem elevada força de tração, mas também agem como um dispositivo de segurança que permitem proteger as transmissões quando o motor do trator fornece uma força maior do que podem suportar, principalmente no final da transmissão do motor para as rodas. Ainda segundo o autor, nem a utilização de pneus de grandes dimensões é uma boa solução, como a superfície de apoio do pneu é uma consequência da carga aplicada sobre o rodado e da pressão de inflação do pneu, a superfície de contato com o solo é menor já que uma parte da banda de rodagem não toca o solo.

Somente em circunstâncias excepcionais, o solo agrícola apresenta resistência às cargas aplicadas por pneus sem exceder o limite elástico e sem deformar-se

permanentemente. A forma e a extensão dessas deformações dependem, sobretudo, das propriedades físicas do solo e do pneu (Maziero et al., 1997). Corrêa et al. (1999), estudando o efeito da variação de velocidade de deslocamento e diferentes pressões de inflação em superfície de concreto, observaram que o incremento da pressão de inflação do pneu gerou aumento de até 1,31 % da circunferência de rolamento, pois houve aumento do raio do pneu carregado.

Em estudos de tração realizados por Ferreira et al. (2000) observaram que para cargas baixas e médias (3,72 a 10,13 kN) as pressões internas testadas não variam a capacidade do trator em aumentar a tração sendo que para altas cargas as maiores capacidades de força de tração ocorrem com as menores pressões internas. Os pneus radiais inflados com a pressão de 124,2 kPa forneceu o menor consumo de combustível para uma variação da força na barra de tração entre 15 e 40 kN.

Lanças et. al. (2009), avaliando o efeito de duas pressões de inflação dos pneus 110,4 kPa nos pneus dianteiros e traseiros e 138/124,2 kPa nos pneus dianteiros e traseiros, concluíram que o menor consumo horário e específico de combustível, menor patinagem dos rodados e maior rendimento na barra de tração foram obtidos com a pressão de inflação dos pneus de 110,4 kPa nos pneus dianteiros e traseiros do trator, evidenciando que pressões mais baixas melhoram o desempenho energético e operacional do trator.

4.7 Patinagem dos Rodados

Para se obter a máxima eficiência de tração com um menor consumo específico de combustível, em um trator Massey Ferguson 3080, Jenane et al. (1996) recomendaram que o trator deveria trabalhar com um coeficiente de tração dinâmico mínimo de 0,4.

Avaliando a patinagem de um trator agrícola, Jenane et al. (1996) concluíram que o trator, quando trabalhou com patinagem fora do ideal, houve uma redução considerável na potência disponível na barra de tração.

Segundo Schlosser et al. (2004), a condição de solo mobilizado, ocorreram às menores patinagens nas condições dos tratamentos com menor peso sobre as

rodas dianteiras e maiores raios estáticos destes pneus. Porém, o menor consumo de combustível foi obtido quando a patinagem estava entre 10 e 15 %.

Monteiro et. al. (2009), ao avaliar o avanço cinemático de um trator com potência nominal no motor de 63 kW concluíram que os menores valores de patinagem, consumo específico de combustível e maior potência na barra de tração foram obtidos na condição de 3% de avanço do trator. A condição de 12% de avanço do trator apresentou os maiores valores de patinagem, consumo específico de combustível e menor potência útil na barra de tração.

4.8 Consumo de Combustível

O consumo de combustível utilizado para a implantação de culturas agrícolas é função de vários fatores tais como a adequação e condição do conjunto trator-equipamento, profundidade da operação, tipo e condição de solo, tempo de manobras e, principalmente, do número de operações agrícolas adotadas no processo de produção (CORREA et al. 1999).

O consumo específico de combustível é um indicador consistente para a avaliação do desempenho do trator (CORDEIRO, 2000). O autor analisou o consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu e observou que este, quando equipado com pneu radial em comparação com o pneu diagonal e de configuração mista apresentou melhor conversão energética do combustível.

Analizando o consumo de combustível na subsolagem antes e depois de diferentes tipos de preparo (SALVADOR et. al, 2009), concluíram que o menor patinagem das rodas motrizes proporciona menor compactação do solo, menor desgaste dos pneus e dos mecanismos de transmissão, como também reduz os gastos adicionais de combustíveis.

Nos ensaios de um trator tracionando um escarificador, em solo com e sem preparo inicial, Acuña et al. (1995), concluíram que o consumo específico de combustível decresceu à medida que a potência na barra aumentou. Os dados obtidos pelos mesmos autores evidenciaram ainda que, sob uma força de tração de 35 kN na barra de tração, o consumo específico de combustível foi menor em relação ao trator operando com força de tração de

aproximadamente 38 kN, o que pode ser explicado, segundo os autores, pela maior demanda de potência do trator na condição de maior força de tração.

Ao realizarem ensaios de campo na barra de tração de um trator agrícola, medindo o consumo de combustível em diversas condições de esforço trativo e potência na barra para a determinação das curvas de iso-consumo de combustível, Bernardes e Balastreire (1999) observaram que, para o consumo de combustível ser reduzido de maneira considerável, é necessário que o trator tenha no mínimo 16 marchas para que se consiga trabalhar faixas de velocidades mais econômicas, uma vez que se pode ter maior possibilidade de escalonamento de velocidades.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado e os métodos adotados para a realização dos ensaios estão apresentados separadamente, conforme segue.

5.1 Material

5.1.1 Localização da Área Experimental

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Botucatu, Estado de São Paulo.

Os ensaios foram realizados no NEMPA – Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrofloreais, do Departamento de Engenharia Rural, na pista de concreto construída segundo a Norma OECD-Code 2 (2008) e na pista de solo agrícola. A coordenada geográfica da área experimental (ponto central), onde estão as pistas são: 22°51'S, 48°25'W e altitude de 770m.

5.1.1.1 Pista de Solo Agrícola

A pista de solo agrícola possui 400 metros de comprimento e 20 metros de largura totalizando 8.000 m² de área e declividade de 1% no sentido do comprimento.

O solo da pista 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 Figura 2 apresenta uma vista da pista de solo agrícola nas condições em que os ensaios foram realizados.



Figura 2 – Vista da pista de solo agrícola.

5.1.1.2 Pista de Concreto

A pista de concreto possui 200 metros de comprimento e 4 metros de largura totalizando 800 m² de área com declividade de 1% no sentido do comprimento, construída segundo a Norma OECD-Code 2 (2008), esta mostrada na Figura 3.



Figura 3 – Vista da pista de Concreto.

5.1.2 Tratores e Pneus²

Os ensaios foram realizados com um trator marca John Deere, modelo 7715, com 132 kW de potência no motor, a 2100 rpm, com a tração dianteira auxiliar ligada, conforme mostrado na Figura 4 e um trator marca New Holland, modelo TM 7040, com 132 kW de potência no motor, a 2200 rpm (de acordo com o fabricante), com a tração dianteira auxiliar ligada, conforme apresentado na Figura 5.



Figura 4- Trator John Deere 7715 utilizado no ensaio

² Não indicam a recomendação de uso por parte dos autores



Figura 5- Trator New Holland TM 7040 utilizado no ensaio

Para aferição da massa do trator foi utilizada uma balança de plataforma, marca J-Star Eletronics modelo 6000, com capacidade para 30 kN e precisão de 1%, para determinação do peso individual de cada pneu, conforme apresentado nas Tabelas 1 e 2.

Foi utilizado o mesmo conjunto de pneus radiais marca Michelin Modelo Multibib, tanto para os rodados traseiros como para os dianteiros para ambos os tratores, conforme apresentado na Tabela 3, sendo realizados, inicialmente, os ensaios com o trator John Deere e em seguida os pneus foram desmontados e montados no trator New Holland. Ao usar os mesmos pneus para todo o procedimento, evita-se diferenças nos coeficientes de atrito durante todo o ensaio.

Os ensaios foram realizados com pressões de inflação dos pneus radiais de 110,3 kPa (16 psi) nos rodados traseiros e dianteiros de cada trator, conforme recomendação do fabricante do pneu, baseado no peso incidente sobre o pneu .

Tabela 1 – Massa do trator John Deere 7715 utilizado no experimento.

RODADO	PESO (kgf)	DISTRIBUIÇÃO (%)	RELAÇÃO PESO/POT (Kg.cv ⁻¹)
Dianteiro	3060	37	
Traseiro	5180	63	45,7
TOTAL	8240		

Tabela 2–Massa do trator New Holland TM 7040 utilizado no experimento.

RODADO	PESO (kgf)	DISTRIBUIÇÃO (%)	RELAÇÃO PESO/POT (Kg.cv ⁻¹)
Dianteiro	2850	40	
Traseiro	4275	60	39,5
TOTAL	7125		

Tabela 3 - Características dos pneus radiais Michelin utilizados no ensaio.

Pneus	Dimensões	Largura mm	Diâmetro externo mm	Raio estático mm	Circunferência de rolamento mm
Dianteiro	540/60R28	540	1350	650	4082
Traseiro	650/65R38	650	1750	850	5338

5.1.3 Amostragem e Caracterização Física de Solo da Área Experimental

A coleta de amostras de solo na pista de solo firme para a determinação do teor de água, densidade das partículas, granulometria e limites de Atteberg, foram utilizados os materiais descritos por Kiehl (1979) e EMBRAPA (1997), conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Caracterização Física da Pista de Solo Agrícola.

Característica	Pista 1
Areia (%)	42,83
Silte (%)	18,87
Argila (%)	38,30
Limite de liquidez (%)	33,45
Limite de plasticidade (%)	25,81
Densidade dos sólidos (g.cm ⁻³)	3,00
Umidade (%) 0 – 10 cm	19,09
10 – 20 cm	19,81
Umidade (%) 0 – 10 cm	19,31
10 – 20 cm	20,00
Índice de cone (kPa) 0 – 15 cm	750,00

Para determinar a resistência do solo à penetração foi utilizada a Unidade Móvel de Amostragem de Solo – UMAS, composta por um Penetrômetro Hidráulico-Eletrônico e um Amostrador de Solo, conforme descrito por Lanças (2006).

5.1.4 Sistema de Aquisição de Dados

Foi instalado na UMEB um controlador lógico programável (CLP) com interface homem- máquina incorporado (IHM) para aquisição dos dados de força de tração instantânea e integrada, de rotação das quatro rodas do trator e da roda odométrica, do consumo e temperatura do combustível, permitindo a leitura e o armazenamento dos sinais enviados pelos sensores instalados nos rodados e no sistema de alimentação do trator e na roda odométrica, conforme mostra Figura 6.



Figura 6 – Bancada de Instrumentação com o CLP e um microcomputador portátil

5.1.5 Força de Tração na Barra

Para obtenção da força de tração na barra do trator foi utilizada a Unidade Móvel de Ensaio na Barra de Tração – UMEB (Figura 7) pertencente ao NEMPA, que operou como um carro dinamométrico instrumentado, conforme descrito por Monteiro et. al. (2007) e Gabriel Filho et.al. (2008).



Figura 7 - Conjunto trator e Unidade Móvel para Ensaio na Barra de Tração – UMEB.

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 (Figura 8). Essa célula foi instalada no cabeçalho da UMEB para permitir um controle da força de tração necessária para o deslocamento da unidade móvel de acordo com a força desejada para os ensaios.



Figura 8 - Célula de carga marca SODMEX, modelo N400.

5.1.6 Patinagem dos Rodados do Trator

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, conforme Figura 9, que geram 60 pulsos por volta de cada roda.



Figura 9 - Geradores de pulsos instalados no trator para determinar a patinagem nos rodados

5.1.7 Consumo Horário de Combustível

Para medição do consumo horário 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, instalados um na saída do tanque de combustível e antes do sedimentador e o outro fluxômetro instalado no retorno para o tanque de combustível, conforme apresentado na Figura 10 .

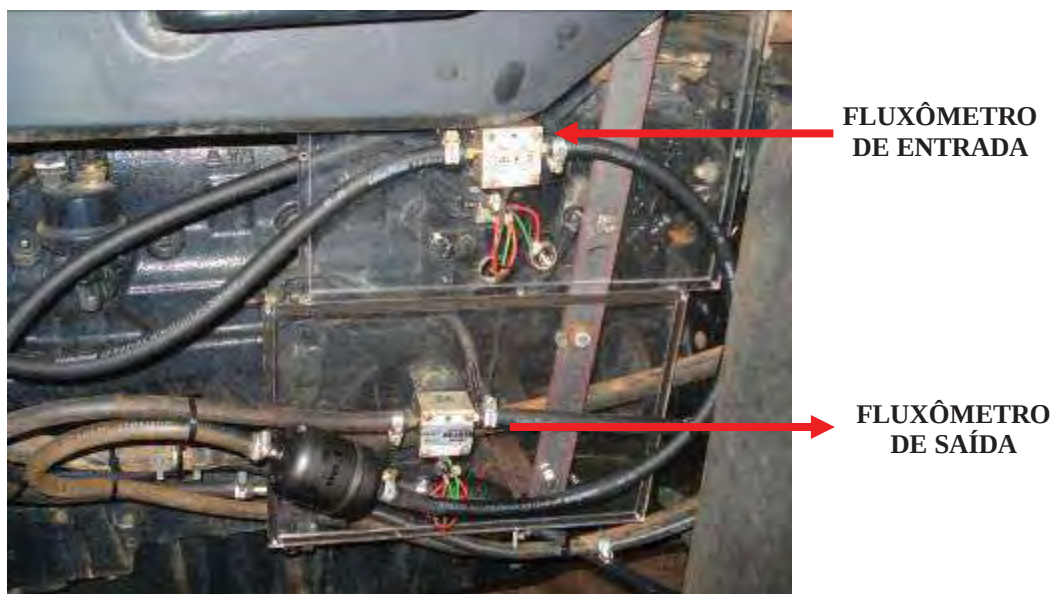


Figura 10 - Fluxômetro volumétrico para medição do consumo de combustível.

5.2 Métodos

5.2.1 Delineamento Experimental

Foi utilizado o delineamento experimental em faixas (PIMENTEL-GOMES, 1982, BANZATTO e KRONKA, 1995 e PIMENTEL-GOMES e GARCIA, 2002), denominadas pistas e definidas pelas condições da superfície de rolamento (superfície de concreto, superfície de solo agrícola).

Em cada pista foram dispostos os tratamentos com um arranjo fatorial de $2 \times 2 \times 3$, sendo analisados os dois tratores (John Deere e New Holland), o tipo de superfície de rolamento (pista de concreto e pista de solo agrícola) e as marchas utilizadas dos tratores ensaiados (B1, B2 e C1), com cinco repetições por faixa, totalizando 60 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 significância, para a comparação das médias.

Todos os dados dos tratamentos apresentaram probabilidade normal dos resíduos que tem comportamento linear; portanto, os dados representaram distribuições normais sendo passíveis de realização da análise de variância.

5.2.2 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos foram definidos em função do tipo de superfície de rolamento, da marcha adotada no trator e do trator utilizado no experimento. As marchas B1, B2 e C1, teoricamente, correspondem às velocidades de $6,5 \text{ km.h}^{-1}$, $7,5 \text{ km.h}^{-1}$ e $8,5 \text{ km.h}^{-1}$, respectivamente, selecionadas por atenderem as velocidades recomendadas para o ensaio OECD-Code 2.

5.2.3 Ensaio OECD-Code 2

O trator apresentado para o ensaio foi retirado da série de produção pelo fabricante, em conformidade com a descrição e especificação descritas no folheto do fabricante.

Para realização do ensaio OECD-Code 2, o trator utilizado no ensaio deverá estar sem lastro e o ensaio na barra de tração para determinar a potência disponível na barra de tração deverá ocorrer em diversas configurações de marchas e rotações do motor. Para fornecer informações sobre a eficiência operacional em cargas parciais, o consumo de combustível deverá ser medido em duas configurações de relação de transmissões e rotações do motor. Uma delas a uma velocidade nominal de $7,5 \text{ km / h}$ (ou uma configuração transmissão / velocidade fixa dando uma velocidade nominal mais próximo a esse valor) e as outras dando uma velocidade nominal entre 7 e 10 km / h , escolhida pelo fabricante, de acordo com o critério individual de cada fabricante.

A metodologia utilizada para os ensaios de barra de tração seguiu as recomendações da OECD, e foi baseada no documento CODE 2, (OECD, 2008).

No início dos ensaios, a altura da garra do pneu não deverá ser menor do que 65 % da altura das garras dos pneus novos.

Os ensaios de tração deverão ser conduzidos aplicando o protocolo de ensaio da OECD- Code 2, a fim de fornecer resultados comparáveis em todos os países. Os

ensaios foram realizados em um ambiente limpo, horizontal e seco numa superfície de rolamento de concreto e de solo agrícola.

5.2.4 Aquisição dos Dados Obtidos nas Pistas

Todos os dados gerados pelos sensores instalados no trator, foram armazenados no sistema de aquisição de dados instalado na UMEB, com uma frequência de aquisição de 1 Hz.

Foram monitoradas e registradas a força de tração, rotação das rodas traseiras e dianteiras do trator, velocidades de deslocamento e consumo horário do combustível (Apêndice 1).

5.2.5 Força de Tração na Barra

Os sinais gerados pela célula de carga foram armazenados no sistema de coleta de dados e, posteriormente, transferidos para um computador para serem analisados. Com os valores obtidos, a força de tração média foi determinada pela Equação 16 :

$$F_m = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{2t_p} \quad (16)$$

onde:

F_i = força de tração instantânea (kN.s⁻¹)

F_m = força de tração média (kN)

t_p = tempo de percurso na parcela (s)

5.2.6 Velocidade de Deslocamento

A velocidade média de deslocamento foi determinada cronometrando-se o tempo necessário para percorrer cada parcela de 30 metros de comprimento medida pela roda odométrica instalada na parte traseira da UMEB e calculada de acordo com a Equação 17 e os valores de velocidade foram expressos em km h⁻¹.

$$Vm = \frac{s}{t} \times 3,6 \quad (17)$$

onde:

Vm = velocidade média (km h^{-1})

s = espaço percorrido (metros)

t = tempo decorrido (segundos)

3,6= fator de conversão

5.2.7 Patinagem dos Rodados do Trator

Com os sinais recebidos dos geradores de pulsos instalados nos rodados, dianteiro e traseiro e utilizando a Equação 18, foi possível determinar a patinagem tanto nas rodas dianteiras como nas rodas traseiras. A determinação da patinagem do trator com carga foi obtida com o trator tracionando a UMEB, e a patinagem do trator sem carga foi obtida pelo deslocamento do trator sem tracionar a UMEB.

$$Pat = \frac{N_1 - N_0}{N_1} \times 100 \quad (18)$$

onde:

Pat = patinagem das rodas motrizes (%)

N_0 = número de pulsos sem carga

N_1 = número de pulsos com carga

5.2.8 Potência Disponível na Barra de Tração

A potência disponível na barra de tração foi calculada em função da força de tração e da velocidade de deslocamento, conforme a Equação 19:

$$Pb = \frac{Fm \times V}{3,6} \quad (19)$$

onde:

Pb = potência na barra (kW)

Fm = força de tração média (kN)

V = velocidade de deslocamento (km h⁻¹)

5.2.9 Consumo Horário do Combustível

Os pulsos gerados pelo fluxômetro volumétrico foram convertidos em volume, considerando-se a vazão de 1 mL pulso⁻¹ e o tempo gasto na parcela.

A densidade do combustível encontra-se no apêndice 3.

O cálculo do consumo horário de combustível foi feito de acordo com a Equação 20:

$$Ch = \frac{Np \times 3,6}{t} \quad (20)$$

onde:

Ch = consumo horário (L h⁻¹)

Np = número de pulso do medidor de combustível

t = tempo de percurso da parcela (s)

5.2.10 Consumo Específico de Combustível

O cálculo do consumo específico de combustível foi feito de acordo com a Equação 21:

$$Cesp = \frac{Ch \times d}{Pb} \times 1000 \quad (21)$$

onde:

C_{esp} = consumo específico de combustível (g.kW.h^{-1})

Ch = consumo horário (L h^{-1})

d = densidade do combustível³ ($0,847 \text{ g.L}^{-1}$)

P_b = Potência na barra de tração (kW)

5.2.11 Rendimento na Barra de Tração

O cálculo do rendimento na barra de tração foi realizado de acordo com a Equação 22:

$$R_{bt} = \frac{P_b}{P_m} \times 100 \quad (22)$$

onde:

R_{bt} = rendimento na barra de tração (%)

P_b = potência na barra de tração (kW)

P_m = potência no motor (132 kw) (conforme informação do fabricante)

5.2.12 Coeficiente de Tração

O cálculo do coeficiente de tração foi realizado de acordo com a Equação 23:

$$CoefTr = \frac{F_{bt}}{P} \times 100 \quad (23)$$

onde:

F_{bt} = Força na barra de tração (Kn)

P = peso do trator (Kn)

³ Valor de densidade obtido após a análise do Diesel utilizado, a tabela com o resultado encontra-se no Apêndice

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão apresentados em tabelas dentro de tópicos, descritos conforme a interação entre os fatores estudados e a seqüência de procedimentos adotados no desenvolvimento desse trabalho.

6.1 Consumo Específico de Combustível

Os valores do consumo específico de combustível do trator, nas duas condições de superfície de rolamento, pista de concreto e pista de solo agrícola para os dois tratores nas três velocidades de deslocamento seguindo a norma OECD-Code 2, estão apresentados nas Tabelas 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 respectivamente.

A quantidade de combustível para gerar a potência necessária na barra de tração para tracionar a UMEB, entre as condições de superfícies foram diferentes, sendo que os maiores valores de consumo específico de combustível ocorreram na pista de solo agrícola, para os tratores John Deere e New Holland conforme mostram os dados das Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9, respectivamente.

Na superfície de solo agrícola (Tabela 5, 6 e 7) a capacidade do trator John Deere em desenvolver a tração diminuiu, pois o solo não ofereceu a mesma resistência se comparado com a superfície de concreto. Essa situação requer mais energia do trator para

vencer a resistência ao rolamento e com isso o consumo específico de combustível para manter a velocidade de deslocamento passa a ser maior, conforme Nagaoka et al. (2002).

Na pista com superfície de concreto, conforme mostrado nas Tabelas 5, 6 e 7 o consumo específico de combustível foi menor com diferenças estatísticas, corroborando com os resultados obtidos por Correa et al (1999) e Lopes et al (2003).

Tabela 5 – Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2 segundo a norma OECD-Code 2.

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Cesp (g.kW.h ⁻¹)	0,357A*	0,459 B

* 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 de consumo específico de combustível (Cesp) do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B3 segundo a norma OECD-Code 2.

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Cesp (g.kW.h ⁻¹)	0,331 A*	0,395 B

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

A exemplo da marcha B2, o consumo específico de combustível para a pista de concreto na marcha B3 teve média de 0,331 g.kW.h⁻¹ e 0,395 g.kW.h⁻¹ para a pista de solo agrícola, (Tabela 6) representando um aumento no consumo específico de combustível de 16 % quando comparado ao consumo na marcha B2 e uma economia de 8% no consumo específico quando aumentou a velocidade de deslocamento do trator através da mudança da marcha B2 para B3, mostrando que o aumento da velocidade de deslocamento melhorou o rendimento energético do trator ensaiado.

A exemplo das marchas B2 e B3, o consumo específico de combustível apresentou diferenças significativas para a pista de concreto na marcha C1 que teve média de 0,325 g.kW.h⁻¹ e 0,392 g.kW.h⁻¹ para a pista de solo agrícola, conforme Tabela 7. Os demais parâmetros não apresentaram diferenças significativas entre as pistas de concreto e solo agrícola.

Tabela 7 – Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) do trator em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo agrícola na marcha B3.

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Cesp (g.kW.h ⁻¹)	0,325A*	0,392B

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

O consumo específico de combustível para o trator New Holland gerar a potência necessária para exercer a tração entre as condições de superfícies também apresentaram diferenças significativas, sendo que os maiores valores de consumo específico de combustível ocorreram na pista de solo agrícola, conforme mostram os dados das Tabelas 8 e 9.

Na superfície de solo agrícola, o solo desagregado não ofereceu a mesma resistência se comparado com a superfície de concreto onde não houve a desagregação, para ambas as velocidades de deslocamento do trator, isto reduziu a capacidade do trator em realizar a tração e com isso a exemplo do que ocorreu com o trator John Deere o consumo específico de combustível passou a ser maior corroborando com os resultados obtidos por Correa et al (1999) e Lopes et al (2003).

Na pista com superfície de concreto, conforme mostrado nas Tabelas 8 e 9, o consumo específico de combustível do trator New Holland foi menor, requerendo menos energia do trator para vencer a tração, sendo assim, o consumo específico de combustível para manter a velocidade passa a ser menor. Esses resultados mostram que as condições da superfície de rolamento podem alterar significativamente o esforço tratório.

Tabela 8 – Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) do trator New Holland em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2 segundo a norma OECD-Code 2.

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Cesp (g.kW.h⁻¹)	0,415A*	0,593B

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

Tabela 9 – Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) do trator em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo agrícola na marcha B3.

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Cesp (g.kW.h⁻¹)	0,368A*	0,454B

* 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, porém este efeito foi mais evidenciado para o trator New Holland que teve uma média de consumo específico de combustível 29% maior que o consumo específico de combustível do trator John Deere na marcha B2, conforme Tabela 10. O solo agrícola tem uma variabilidade muito grande dificultando a manutenção da homogeneidade da força de tração, requerendo mais energia do trator.

Tabela 10 – Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) dos tratores em pista de solo agrícola segundo a norma OECD-Code 2 na marcha B2.

Variável	TIPO DE TRATOR	
	JOHN DEERE	NEW HOLLAND
Cesp (g.kW.h⁻¹)	0,459A*	0,593B

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

As Tabelas 11 e 12 mostram os valores de consumo específico de combustível entre os tratores John Deere e New Holland, para a pista de solo agrícola nas marchas B3 e C1, seguindo a mesma tendência dos efeitos encontrados no ensaio com a marcha B2, o trator New Holland apresentou um consumo específico de combustível maior

com diferença significativa evidenciando que para este trator a mobilização do solo interferiu com mais intensidade na capacidade do trator em desenvolver a tração em comparação com o trator John Deere que obteve um consumo específico de combustível menor.

Tabela 11 – Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) dos tratores em pista de solo agrícola segundo a norma OECD-Code 2 na marcha B3.

Variável	TIPO DE TRATOR	
	JOHN DEERE	NEW HOLLAND
Cesp (g.kW.h⁻¹)	0,417A*	0,570B

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

Tabela 12 – Valores médios de consumo específico de combustível (Cesp) dos tratores em pista de solo agrícola segundo a norma OECD-Code 2 na marcha C1.

Variável	TIPO DE TRATOR	
	JOHN DEERE	NEW HOLLAND
Cesp (g.kW.h⁻¹)	0,407A*	0,531B

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

A pista de concreto não apresentou diferenças significativas de consumo específico de combustível entre os tratores em ambas as velocidades de deslocamento estudadas.

6.2 Velocidade de Deslocamento do trator

A Tabela 13 apresenta os valores médios de velocidade de deslocamento para as pistas de concreto e pista de solo agrícola do trator John Deere. A velocidade de deslocamento considerando o parâmetro como tendo superfícies de contato distintas em função da norma OECD- Code 2 (2008), teve como médias 6,34 para a superfície de concreto e 5,66 para a superfície agrícola, conforme Tabela13, percebe-se que houve diferença significativa entre as medias, isto ocorreu devido à superfície de concreto, permitir maior aderência e melhor condição de tração para o trator John Deere de forma constante, melhorando sua eficiência energética. Na superfície de solo agrícola as variabilidades do solos

mecânicas proporcionaram uma menor eficiência energética. Pela análise estatística os resultados de velocidade de deslocamento obtiveram uma diferenciação estatisticamente significativa entre os ensaios realizados em pista de concreto e a pista de solo agrícola, segundo a norma OECD-Code 2 para o trator John Deere.

Tabela 13 – Valores médios da velocidade de deslocamento (Veloc) do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2 segundo a norma OECD-Code 2.

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Veloc(Km.h ⁻¹)	6,34 A*	5,66 B

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

Na Tabela 14 estão os valores médios de velocidade de deslocamento do trator New Holland para as pistas de concreto e de solo agrícola. A velocidade considerando o parâmetro como tendo superfícies de contato distintas em função da norma OECD- Code 2, teve como médias 6,09 para a superfície de concreto e 5,60 para a superfície agrícola, conforme Tabela 14. Como ocorrido nos tratamentos com o trator John Deere, a superfície de concreto, permitiu maior aderência e melhor condição de tração do trator New Holland de forma constante, melhorando sua eficiência energética.

Tabela 14 – Valores médios da velocidade de deslocamento (Veloc) do trator em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo agrícola na marcha B2.

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Veloc(Km.h ⁻¹)	6,09A*	5,60 B

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

Entre os tratores não houve diferenças significativas de velocidade de deslocamento em ambas as pistas estudadas.

6.3 Patinagem dos Rodados

Os valores das patinagens dos rodados dos tratores, nas duas condições de pista (concreto e solo agrícola) segundo a Norma OECD- Code 2, estão apresentados nas tabelas 15, 16, 17 e 18

As Tabelas 15, 16 e 17 apresentam os valores de patinagem dos rodados para o trator John Deere, na pista de solo agrícola (Tabela 15), a patinagem dos rodados do trator John Deere apresentou diferenças estatisticamente significativas tendo como média 13,96%, estando próximo do recomendado, conforme ASAE EP 496.2 (1999) para condições de solo agrícola. Para superfície de concreto o valor médio obtido para patinagem foi de 3,81 %, demonstrando que houve diferenças significativas entre as médias das pistas de concreto e pista de solo agrícola, para o trator ensaiado com um nível de significância de 5 %.

Esses resultados mostram que as condições da superfície de rolamento alteraram significativamente o esforço tratório, 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 Herzog et al.(2002).

As menores patinagens das rodas motrizes proporcionam menor compactação do solo, menor desgaste dos pneus e conseqüentemente reduzem o gasto de combustível do trator (SALVADOR et. al, 2009).

A pista de concreto apresentou os menores valores de patinagem (3,81%), estando de acordo com os valores recomendados pela ASAE EP 496.2 (1999), para superfície firme e concreto.

Tabela 15 – Valores médios de patinagem (Pat) dos rodados do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2, segundo a norma OECD-Code 2

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Pat (%)	3,81A*	13,96 B

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

Tabela 16 – Valores médios de patinagem (Pat) dos rodados do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B3, segundo a norma OECD-Code 2

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Pat (%)	4,40 A*	10,76 B

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

Tabela 17 – Valores médios de patinagem dos rodados do trator (Pat) em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha C1, segundo a norma OECD-Code 2

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Pat (%)	4,19A*	10,46B

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

Na Tabela 16, a patinagem dos rodados do trator apresentou diferenças estatisticamente significativas para a pista de solo agrícola tendo como média 10,76%, estando esta de acordo com o recomendado, conforme ASAE EP 496.2 (1999) para condições de solo mobilizado. Para superfície de concreto o valor médio obtido para patinagem foi de 4,40 %.

Na pista de solo agrícola, para a marcha B3, a patinagem foi maior, mantendo a mesma tendência obtida quando se operou com o trator nas mesmas condições com a marcha B2. Esses resultados mostram que as condições da superfície de rolamento podem alterar significativamente o esforço tratório, pois a tração está diretamente relacionada à patinagem do trator.

A pista de concreto apresentou os menores valores de patinagem 4,40%, estando de acordo com os valores recomendados pela ASAE EP 496.2 (1999), para superfície firme e concreto.

A patinagem dos rodados do trator John Deere para a marcha C1 seguiu a mesma tendência apresentada para as demais marchas (B2 e B3), os menores valores de patinagem com diferenças significativas foram obtidas na pista de concreto, tendo como média 4,19% de patinagem e os maiores valores foram obtidos na pista de solo agrícola tendo

como média 10,46% (Tabela 17), estando estes de acordo com o recomendado pela ASAE 496.2(1999), que relatam que em solos agrícolas o melhor desempenho do trator 4x2 TDA ocorre quando a patinagem esta entre 8 e 12 %.

A Tabela 18 apresenta os valores da patinagem dos rodados do trator New Holland, nas pistas de concreto e solo agrícola, seguindo os critérios da Norma OECD-Code 2.

Na pista de solo agrícola, a patinagem do trator teve como média 11,99 %, sendo diferente estatisticamente da média obtida na pista de concreto que foi de 4,26. Notadamente as condições da superfície de rolamento interferem diretamente na capacidade do trator em desenvolver a tração, pois o esforço tratório esta diretamente ligado a patinagem do trator, quanto maior a patinagem menor a eficiência trativa, pois diferentes condições de superfície do solo proporcionam diferentes condições de patinagem, conforme Lanças e Upadhyaya (1997). A patinagem dos rodados ocorre devido a diversos fatores, entre eles o esforço de tração necessário para deslocar determinado equipamento e o tipo de superfície que esta em contato com a banda de rodagem dos pneus (HERZOG et. al, 2002).

Tabela 18 – Valores médios de patinagem dos rodados do trator John Deere (Pat) em pista de concreto segundo e pista de solo agrícola na marcha B2, segundo a norma OECD-Code 2

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Pat (%)	4,26A*	11,99B

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

6.4 Potência na Barra de Tração

Para as condições estudadas a potência na barra de tração também apresentou diferenças significativas entre a pista de concreto e a pista de solo agrícola para os tratores John Deere e New Holland na marcha B2. A Tabela 19 mostra que a potência na barra de tração foi maior estatisticamente na pista de concreto em relação a pista de solo agrícola. Isto ocorreu devido à superfície de concreto, permitir uma maior aderência e melhor condição de tração para o trator de forma constante reduzindo a variabilidade da força de tração, melhorando sua eficiência energética. Na superfície de solo agrícola a variabilidade do solo

proporcionou uma menor eficiência energética e consequentemente uma menor potência na barra de tração do trator, pois a resistência ao rolamento dos rodados foi maior se comparado a pista de concreto, também as perdas por atrito com o solo e as deflexões dos rodados e o contato com o solo foi maior se comparado com a pista de concreto corroborando com os dados obtidos por Lanças (1997).

As condições da superfície do solo interferiram na capacidade do trator em desenvolver a tração, corroborando com os resultados obtidos por Gabriel Filho et al. (2010).

Tabela 19 – Valores médios de potência na barra de tração (Pot) do trator John Deere em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2, segundo a norma OECD-Code 2

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Pot (kW)	65,62A*	45,97B

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

A Tabela 20 mostra que a potência na barra de tração foi maior na pista de concreto em relação a pista de solo agrícola também para o trator New Holland, evidenciando que a superfície de concreto permitiu maior aderência e melhor condição de tração ao trator de forma constante reduzindo a variabilidade da força de tração, melhorando sua eficiência energética. Na superfície de solo agrícola a variabilidade do solo proporcionou uma menor eficiência energética e consequentemente uma menor potência na barra de tração do trator, semelhantes aos resultados obtidos pelo trator John Deere nas mesmas condições avaliadas.

Tabela 20 – Valores médios de potência na barra de tração (Pot) do trator New Holland em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2, segundo a norma OECD-Code 2

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Pot (kW)	54,82A*	33,28 B

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

As marchas B3 e C1 não apresentaram diferenças significativas para as pistas de concreto e solo agrícola para ambos os tratores estudados.

Entre os tratores a potência na barra de tração foi maior para o trator John Deere em relação ao Trator New Holland, nas marchas B2 e B3, conforme Tabelas 21 e 22. A Marcha C1 não apresentou diferenças estatísticas entre os tratores.

A superfície de solo agrícola apresentou uma maior variabilidade das características físicas e mecânicas do solo proporcionando uma menor eficiência energética. Sendo este efeito mais evidenciado para o trator New Holland.

Tabela 21– Valores médios de potência na barra de tração (Pot) dos tratores em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2, segundo a norma OECD-Code 2

Variável	TIPO DE TRATOR	
	JOHN DEERE	NEW HOLLAND
Pot (kW)	45,97A*	33,28B

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

Tabela 22 – Valores médios de potência na barra de tração (Pot) do trator pista de solo agrícola na marcha B3 segundo a norma OECD-Code 2

Variável	TIPO DE TRATOR	
	JOHN DEERE	NEW HOLLAND
Pot (kW)	56,58A*	38,54B

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

6.5 Rendimento na Barra de Tração

Os resultados de rendimento na barra de tração do trator mantiveram a mesma tendência dos valores obtidos para potência na barra de tração.

As Tabelas 23 e 24 apresentam os valores de rendimento na barra de tração dos tratores John Deere e New Holland na marcha B2 nas pistas de concreto e solo agrícola.

Para a pista de concreto o valor de rendimento na barra de tração foi 48,97 % e na pista de solo agrícola o valor obtido foi de 34,3 % (Tabela 23), representando uma diferença estatisticamente significativa de 42,76 % menor que o rendimento na barra de tração para a pista de solo agrícola, isto se deu devido à superfície de concreto permitir maior aderência e melhor condição de tração do trator de forma constante, reduzindo a variabilidade da força de tração. Resultados semelhantes foram obtidos por Zoz (1987), avaliando a perda de rendimento de tração em diferentes condições de solo, para tratores 4x2 TDA, variando de 20% em pista de concreto até 53% em pista de solo agrícola.

Tabela 23 – Valores médios de rendimento na barra de tração (Rend Bt) do trator John Deere em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo agrícola na marcha B2.

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Rend Bt (%)	48,97 A*	34,3 B

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

Os resultados de rendimento na barra de tração do trator New Holland mantiveram a mesma tendência dos valores obtidos para potência na barra de tração, sendo que para a pista de concreto o valor de rendimento na barra de tração foi 40,91 % e na pista de solo agrícola o valor obtido foi de 24,83% (Tabela 24). O maior valor de rendimento na barra de tração ocorreu devido à superfície de concreto, permitir maior aderência e melhor condição de tração do trator de forma constante reduzindo a variabilidade da força de tração, corroborando com os resultados obtidos por Yanay et. al (1999), segundo os autores as condições do solo afetam a eficiência de tração de um trator agrícola e o tipo de cobertura existente no mesmo.

Tabela 24 – Valores médios de rendimento na barra de tração (Rend Bt) do trator New Holland em pista de concreto e pista de solo agrícola na marcha B2, segundo a norma OECD-Code 2

Variável	TIPO DE SUPERFÍCIE	
	PISTA DE CONCRETO	PISTA DE SOLO AGRÍCOLA
Rend Bt (%)	40,91 A*	24,83 B

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

Entre os Tratores, os rendimentos na barra de tração do trator mantiveram a mesma tendência dos valores obtidos para potência na barra de tração, sendo os maiores valores de rendimento na barra de tração obtidos pelo trator John Deere seguido do trator New Holland, conforme Tabelas 25 e 26.

Tabela 25 – Valores médios de rendimento na barra de tração (Rend Bt) do trator em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 na marcha B2.

Variável	TIPO DE TRATOR	
	JOHN DEERE	NEW HOLLAND
Rend Bt (%)	34,3A*	24,83B

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

Tabela 26 – Valores médios de rendimento na barra de tração (Rend Bt) do trator em pista de solo agrícola segundo a norma OECD-Code 2 na marcha B3.

Variável	TIPO DE TRATOR	
	JOHN DEERE	NEW HOLLAND
Rend Bt (%)	42,23A*	28,76B

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

7 CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados e nas condições em que foram realizados os estudos pôde-se concluir que:

A pista de solo agrícola apresentou os maiores valores de patinagem, consumo horário e específico de combustível e os menores valores de rendimento e potência na barra de tração para ambos os tratores utilizados no ensaio.

Entre os tratores, os melhores resultados foram obtidos pelo trator John Deere, na pista de concreto e na pista de solo agrícola.

A marcha C1 ($8,5 \text{ km.h}^{-1}$), apresentou a melhor eficiência energética em ambos os tratores, mostrando que esta é a melhor velocidade a ser utilizada nas operações agrícolas, para as condições apresentadas.

A norma OECD-Code 2, além de certificar que os tratores satisfazem o desempenho anunciado, permite a aplicação de um protocolo padronizado de ensaio, podendo ser utilizado para verificar o desempenho entre tratores de diferentes marcas e modelos; porém, não podendo garantir que os resultados dos ensaios realizados em diferentes locais e épocas, possam ser comparáveis, devido as características ponderais que existem entre os tratores, principalmente, com relação ao peso em ordem de embarque.

Nos ensaios comparativos, os tratores avaliados deverão apresentar tanto os pesos totais como a distribuição dos pesos nos eixos iguais , além disso, para a aplicação do ensaio, devem ser cumpridos todos os requisitos existentes para ensaios na barra

de tração tais como condições ambientais, pista de ensaio, instrumentação, e outros, conforme especificado no Código 2 da OCDE (OCDE, 2008).

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUÑA, R. R. D., MANTOVANI, E. C., MARTYN, P. J., BERTAUX, S. 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. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília: n. 4, v. 30, p. 523 - 530. 1995.

ALCOCK, R. *Tractor-Implement Systems*. Westport. Avi Publishing Co., Inc.1986. 157 p.

AL-HAMED, S.A., GRISSO, R.D., ZOZ, F.M., VON BARGEN, K. *Tractor performance spreadsheet for radial tires*. St. Joseph: ASAE. 1990 (ASAE Paper, 901576), 27p.

ASAE S296.4 DEC95 Uniform terminology for traction of agricultural tractors, self-propelled implements, and other traction and transport devices. In: *ASAE Standards: standards engineering practices data*. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 119-121p. 1999.

ASAE EP 496.2 DEC98. Agricultural Machinery Management. In: *ASAE Standards: standards engineering practices data*. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 353-358p. 1999.

ASAE D 497.4. Agricultural Machinery Management Data. In: *ASAE Standards: standards engineering practices data*. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 359-366p. 1999.

BANZATTO, D.A., KRONKA, S.E. *Experimentação agrícola*. 3 ed. Jaboticabal: Funep, 247p. 1995.

BAILEY, A. C., WEBER, J. A. Comparison of methods of measuring shear strength using artificial soils. *ASAE Paper*, n. 64-113, 1964.

BAINER, R.; KEPNER, R. A. & BARGER, E. L. *Principles of Farm Machinery*. New York. John Wiley & Sons. 1963. 571 p.

BARBOSA, J. A.; Luciano, B. V.; Gutemberg, P. D.; Moacir, S. J. Desempenho operacional de um trator agrícola equipado alternadamente com pneus radiais e diagonais. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v. 25, n. 2, ago. 2005.

BERNARDES, R. C. e BALASTREIRE, L. A. Determinação das curvas de iso-consumo de combustível com trator operando sobre solo agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola/UFPEL, 1999. CD-Rom.

BEKKER, M. G. Off-the-road locomotion. The mechanics of vehicle mobility. Ann Arbor, The Univ. Michigan Press. 220 p. 1969.

BIONDI, P. et al. Technical trends of tractors and combines (1960-1989) based on Italian type- approval data. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v.65, p.1-14, 1996.

BRIXIUS W.W. *Traction prediction equation for bias ply tires*. St. Joseph, Michigan: ASAE. 1987 (ASAE Paper, 83-1067).

BRIXIUS, W. W., WISMER, R. D. The role of slip in traction. *ASAE Paper*, n. 78-1538, 1978.

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 Agrônomicas da UNESP, Botucatu, n.1, p.1-85, 1983.

CEPIK, C. T. C., TREIN, C. R., LEVIEN, R., HERZOG, R. L. S. Patinagem do trator e força de tração de haste sulcadora de semeadora-adubadora de precisão em função de teores de água no solo. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2001, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

CHARLES. S. M., SCHURING, D. J. An empirical model for predicting the effective rolling radius of agricultural drive tires. *ASAE Paper*, n. 84-1555, 1984.

CLARK, R. L. Tractive modeling with the modified Wismer-Luth Model. *ASAE Paper*, n. 85-1049, 1985.

CORDEIRO M.A.L. *Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento*. Botucatu, UNESP-FCA, 2000. 153p. Tese (Doutorado em Agronomia - AC Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 2000.

CORREA, I. M. Conheça o pneu agrícola que você usa. *Revista Unesp Rural*, Jaboticabal, v. 18, p. 21, 1999.

CORREA, I. M. , LANÇAS, K. P. , MAZIERO, J. V. G., YANAI, K. Desempenho operacional de trator 4x2 (aux.) com pneus radiais de baixa pressão e diagonais com a tração dianteira desligada. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA AGRÍCOLA, X, 2000, Guanajuato, México. *Anales...* Guanajuato: ALIA, 2000. CD-ROM.

CORREA, I. M. ; YANAI, Kiyoshi ; MAZIERO, José Valdemar Gonzalez ; LANÇAS, K. P. . Determinação da circunferência de rolamento de pneus agrícolas utilizando dois métodos: manual e eletrônico. *Bragantia*, Campinas, v. 58, n. 1, p. 179-184, 1999.

CORREA, I. M., YANAI, K., MAZIEIRO, J. V. G., MOLINA JUNIOR, W. F. Desempenho de tração em campo de um trator equipado com pneu radial de baixa pressão e pneu diagonal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXVI, 1997. Campina Grande *anais...* Campina Grande: SBEA/UFPB, 1997. CD-ROM.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 212p. 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa, 412p. 1999.

FRANZ, C. A. B. *Avaliação do desempenho de pneumáticos para tratores agrícolas, com diferentes níveis de desgaste*. Santa Maria, 1988. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, 1988.

FERREIRA, M. F., Neujahr, E. B., Schlosser, J. F., Schneider, V. Influência da pressão interna em pneus diagonais na força de tração de um trator 4x2 em duas condições de superfície. **Revista Brasileira de Agrociência**, nº 01, v. 6, p. 66 – 70, 2000.

GABRIEL FILHO, A., SILVA, S. L., MODOLO, A. J., SILVEIRA, J.C. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. *Engenharia Agrícola*. Jaboticabal. V. 24, n. 3, p.781-789, 2004.

GABRIEL FILHO, Antonio et al . UMEB - Unidade Móvel para Ensaio da Barra de Tração. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, dez. 2008 .

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*, v.14, n.3, p.333-339, 2010.

GABRIEL FILHO, A.; MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA, S. P. S.; JESUINO, P. R. Influência da altura das garras dos pneus de um trator em área de plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.10, p.1123-1128, 2010.

GILL, W. R., VANDEN BERG, G. E. *Soil Dynamics in Tillage and Traction*. Washington: U. S. Govt. Printing Office, 1968. 590 p.

GU, Y., KUSHWARA, R. L. Dynamic load distribution and tractive performance of a model tractor. *Journal of Terramechanics*, v. 31, nº 1, p. 21 – 39, 1994.

HERZOG, R. L. S., LEVIEN, R., BEUTLER, J. F., TREIN, C. R. Patinagem das rodas do trator em função da profundidade do sulcador e doses de resíduos sobre o solo na semeadura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002. Salvador. *Anais...* Salvador: UFB, 2002. CD-ROM.

JENANE, C., BASHFORD, L. L. Tractive performance of a mechanical front-wheel assist tractor as related to forward speeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, Silsoe Research Institute. V.77, p.221-226, 2000.

JENANE, C., BASHFORD, L. L., MONROE, G. Reduction of fuel consumption through improved tractive performance. *Journal of Agricultural Engineering Research*. (1996) Ed. 64 p. 131 – 138.

KIEHL, E. J. *Manual de edafologia*. São Paulo: CERES, 1979, 267p.

LANÇAS, K.P.; SANTOS FILHO, A.G.; UPADHYAYA, S.K. Implications of using low/correct inflation pressure for radial ply tractor tires. St. Joseph: ASAE, 1995. Paper n.95-056.

LANÇAS, K. P. *Desempenho operacional de pneus radiais em função da pressão de inflação, da lastragem e do deslizamento das rodas de tratores agrícolas*. Botucatu, 1997. 171 p. Tese de Livre Docência - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP-Botucatu.

LANÇAS, K. P., UPADHYAYA, S. K. Pneus radiais para tratores. Guia para a seleção correta da pressão de inflação. *Energia na Agricultura*, FCA/UNESP, Botucatu, 1997. 33p. Boletim Técnico nº 1.

LANÇAS, K. P. Nova Ferramenta. *Cultivar Máquinas*, nº 49, p.26 – 28, 2006.

LEE, D. R., KIM, K. U. Effect of inflation pressure on tractive performance of bias-ply tires. *Journal of Terramechanics*, nº 03, v. 34, p. 187 – 208, 1997.

LOPES, A., LANÇAS, K.P., SILVA, R.P.; CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI, C.E.A., ALBERTO KAZUSHI NAGAOKA, A.K., REIS, G.N. Desempenho de um trator em

função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho *Cienc. Rural*, Santa Maria, v.35, n.2, p.366-370, 2005.

MAZIERO, J.V.G.; MIALHE, L.G.; CORREA, I.M.; YANAI, K. & MENEZES, J.F. Efeito da patinagem da roda motriz de um trator agrícola na compactação do solo. *Bragantia*, 56:191-197, 1997.

MÁRQUEZ, L. Solo Tractor '90. Madrid: Laboreo, 1990. 198p. (Apuntes didácticos).

MAZETTO, F. R.; Lanças, K. P.; Nagaoka, A. K.; Neto, C. N.; Guerra, S. P. S. Avaliação do contato pneu-solo em três modelos de pneus agrícolas *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v.24, n.3, p.750-757, set. 2004.

MICHELIN. Pergunte a quem entende. Disponível em:
<http://www.estradas.com.br/faq/michelin.asp>, acesso em 28 abr. 2005.

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. *Revista Energia na Agricultura*, v.24, n.1, p.68-84, 2009.

MIALHE, L. G. *Manual de Mecanização Agrícola*. São Paulo. Ceres. 1974. 301 p.

MIALHE, L. G. *Maquinas Agrícolas – Ensaio e Certificação*. Piracicaba: Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz, 1996, 723 p.

MIALHE, L.G. *Máquinas Motoras na Agricultura*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. 2, 1980. 366 p.

MOLIN, J. P., Araújo, J. C., Zambuzzi, P. C., Pereira, F. J. S. Ensaio de características dimensionais, ponderais e de desempenho na barra de tração de um quadriciclo 4x2 TDA. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 278-287, 2002.

MONTEIRO, L. A. et al. Construção e Avaliação da Unidade Móvel para Ensaio na Barra de Tração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36, 2007, Bonito. *anais...* Bonito MS: SBEA, 2007. 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: UFB, 2002. CD-ROM.

PAVILICS, F. Instruments for measurement of Physical Soil Values. In: A Soil Value System for Land Locomotion Mechanics, Report n. 5, 1958.

PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 10 ed. Piracicaba: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1982. 430p.

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. 309p.

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. *Ciências e Agrotecnologia*. v.33, n.3, p. 870-874, 2009.

SCHLOSSER, José Fernando, LINARES, Pilar and MARQUEZ, Luis. Influence of the kinematics advance on the traction efficiency of the front wheel assist tractor. *Cienc. Rural*, vol.34, nº.6, p.1801-1805, 2004.

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

SMERDA, T.; CUPERA, J. Tire inflation and its influence on drawbar characteristics and performance – Energetic indicators of a tractor set. *Journal of Terramechanics*, n 47, p. 395–400, 2010.

SNEDECOR, G. W. e COCHARAN, W. G. *Statistical Methods*. 8 ed. AMES, IOWA States University Press, 1989.503 p.

SILVA, S. L., RICIERI, R. P., PEREIRA, J. O., BENEZ, S.H. Sistemas de aquisição de dados para ensaios de campo: comparação da força de tração média obtida com micrologger 21x e milivoltímetro na operação de escarificação. In: IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 6, Chillán. *Anales...*Chillán: 2001.

SILVA, S.L., BENEZ, S.H. Construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e equipamentos agrícolas em ensaios de campo. *Energia na agricultura*. Botucatu, v.12, n.3, p.10-18, 1997.

SILVA, S.L., BENEZ, S.H., LEVIEN, R., SIQUEIRA, R. Força de tração obtida com integrador de força e sistema computadorizado, operando um rolo faca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997, Campina grande. *anais...* Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. CD-ROM.

SILVEIRA, G. M.; SIERRA, J.G. Eficiência energética de tratores agrícolas fabricados no Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.14, n.4, p.418-424, 2010.

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

TAYLOR, J. H., VANDEN BERG, G. E. Role of displacement in a simple traction system. *ASAE Paper*, n. 65-122, 1965.

TURNAGE, G. W. Using dimensionless prediction terms to describe off-road wheeled vehicle performance. *ASAE Paper*, n. 72-634, 1972.

UPADHYAYA, S. K., LANÇAS, K. P. *How to get the most from radial ply tractor tires: a guide to select the correct inflation pressure*. Davis: UCDavis/California Energy Commission, 1994, 31p.

UPADHYAYA, S. K., WULFSOHN, D., GLANCEY, J. L. Development of a Unique, Mobile, Single Wheel Traction Testing Machine. *Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)*, v. 29, n. 5, p. 1243-6, 1986.

UPADHYAYA, S.K., WULSFSON, D. review of traction prediction equations. St. Joseph: ASAE. 1990 (ASAE Paper, 90-1573), 23p.

WISMER, R. D., LUTH, H. J. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. *J. Terramech.*, v.10, n. 2, p. 49-61, 1973.

WISMER, R.D. e LUTH, H.J. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. *Transactions of the ASAE*, v.17, n.1, p. 8-14, 1974.

WOOD, R. K., BURT. E.C. Relationship of normal contact stress to motion resistance. *ASAE Paper*, n. 86-1058, 1986.

YANAI, K.; SILVEIRA, G.M.; LANÇAS, K.P.; CORRÊA. I.M.; MAZIERO, J.V.G. Desempenho operacional de trator com e sem acionamento da tração dianteira auxiliar. *Pesquisa Agropecuária. Brasileira*, Brasília, v.34, n.8, p.1427-34, 1999.

YONG, R. N. Track-soil interaction. *J. Terramech.*, v. 21, p. 133-52, 1984.

ZOZ, F. M., STEINBRUEGGE, G. W. The effect of section thickness on the shear characteristics of an artificial soil. *ASAE Paper* , n. 66-646, 1966.

ZOZ, F. *Belt and Tire Tractive Performance*. Milwaukee: Society of Automotive Engineers, 1997, 8p.

ZOZ, F. M. Predicting tractor field performance (updated). St. Joseph: ASAE, 1987 (ASAE Paper No. 871623) 12p.

ZOZ, F. M., R. L. TURNER, L. R. SHELL. Power delivery efficiency: A valid measure of belt and tire tractor performance. *Transactions of the ASAE*, v.45, p.509-518. 2002.

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

APÊNDICES

Tabela 27 - Resultados Conforme a Norma OECD-Code 2 em Pista de Concreto para o trator John Deere

Barra de Tração - OECD - CODE 2 – JOHN DEERE

Sem Lastro - Tração dianteira ligada - Rotação do motor sem carga 2100 rpm										
Características de consumo de combustível										
Potencia na Barra	Força na Barra	Veloc.	Rotação rpm		Patin.	Consumo de combustível		Temperatura °C		Um. Rel. Ar
cv (kW)	kgf (kN)	km/h	Motor	Ventil.	%	kg/kW*h	kW*h/L	Ambiente	Combust.	%
75% da força na 1ª marcha inferior- Marcha – B2										
107,3 (78,8)	4500(44,9)	6,3	2100	2760	4,4	0,325	2,60	24,7	30,2	56
50% da força na 1ª marcha inferior- Marcha – B2										
73,8 (54,2)	3000(30,4)	6,4	2100	2760	2,7	0,380	2,23	23,6	29,9	62
Máxima potência - Marcha – B3 (7,8 km/h sem carga)										
131,3(96,5)	6000(58,9)	5,9	2100	2760	8,7	0,294	2,87	25,2	32,1	52
75% da força na Potência máxima- Marcha – B3										
127,4(93,6)	4500(44,9)	7,5	2100	2760	4,6	0,320	2,64	25,2	33,7	53
50% da força na Potência máxima- Marcha – B3										
87,3 (64,1)	3000(30,2)	7,7	2100	2760	3,2	0,353	2,39	25,4	32,2	55
75% da força na Potência Máxima na 1ª marcha superior- Marcha – C1										
138,4(101,7)	4500(45)	8,1	2100	2760	4,7	0,313	2,70	25,1	33,3	46
50% da força na Potência Máxima na 1ª marcha superior- Marcha – C1										
94,5 (69,4)	3000 (29,8)	8,4	2100	2760	2,9	0,332	2,55	25,1	37,4	46

Tabela 28 - Resultados Conforme a Norma OECD-Code 2 em Pista de Concreto para o trator New Holland

Barra de Tração - OECD - CODE 2 – NEW HOLLAND

Sem Lastro - Tração dianteira ligada - Rotação do motor sem carga 2200 rpm										
Características de consumo de combustível										
Potencia na Barra	Força na Barra	Veloc.	Rotação rpm		Patin.	Consumo de combustível		Temperatura °C		Um. Rel. Ar
cv (kW)	kgf (kN)	km/h	Motor	Ventil.	%	kg/kW*h	kW*h/L	Ambiente	Combust.	%
75% da força na 1ª marcha inferior- Marcha – B2										
80,7(59,3)	3500(35)	6,1	2200	2760	4,3	0,379	2,23	22,5	30,2	42
50% da força na 1ª marcha inferior- Marcha – B2										
58,9(43,3)	(2500)(25,3)	6,2	2200	2760	2,9	0,440	1,92	22,7	29,9	44
Máxima potência - Marcha – B3 (7,8 km/h sem carga)										
115,5(84,9)	4500(45,0)	6,7	2200	2760	6,8	0,318	2,66	23,3	32,1	47
75% da força na Potência máxima- Marcha – B3										
99,5 (73,1)	3500 (35)	7,2	2200	2760	4,5	0,371	2,28	23,6	33,7	44
50% da força na Potência máxima- Marcha – B3										
71,6 (52,6)	2500 (25)	7,4	2200	2760	3,0	0,399	2,12	24,3	32,2	46
75% da força na Potência Máxima na 1ª marcha superior- Marcha – C1										
112,7(82,9)	3500 (35,3)	8,5	2200	2760	4,4	0,364	2,32	22,6	33,3	47
50% da força na Potência Máxima na 1ª marcha superior- Marcha – C1										
82,6 (60,7)	2500 (24,8)	8,8	2200	2760	2,8	0,374	2,26	23,4	37,4	46

Tabela 29 - Resultados Conforme a Norma OECD-Code 2 em Pista de Concreto para o trator John Deere

Barra de Tração - OECD - CODE 2 – JOHN DEERE

Sem Lastro - Tração dianteira ligada - Rotação do motor sem carga 2100 rpm										
Características de consumo de combustível										
Potencia na Barra	Força na Barra	Veloc.	Rotação rpm		Patin.	Consumo de combustível		Temperatura °C		Um. Rel. Ar
cv (kW)	kgf (kN)	km/h	Motor	Ventil.	%	kg/kW*h	kW*h/L	Ambiente	Combust.	%
75% da força na 1ª marcha inferior- Marcha – B2										
90,7(66,6)	4500(44,9)	5,3	2100	2760	8,7	0,409	2,60	25,7	30,2	59
50% da força na 1ª marcha inferior- Marcha – B2										
68,3 (50,2)	3000(30,4)	6,1	2100	2760	7,0	0,423	2,23	25,6	29,9	62
Máxima potência - Marcha – B3 (7,8 km/h sem carga)										
138,4(101,7)	6000(58,9)	6,2	2100	2760	5,4	0,277	2,87	25,2	32,1	61
75% da força na Potência máxima- Marcha – B3										
127,8(93,9)	4500(44,9)	7,6	2100	2760	4,0	0,310	2,64	25,2	33,7	62
50% da força na Potência máxima- Marcha – B3										
88,2 (64,8)	3000(30,2)	7,7	2100	2760	2,9	0,342	2,39	25,4	32,2	62
75% da força na Potência Máxima na 1ª marcha superior- Marcha – C1										
137,6(101,1)	4500(45)	8,1	2100	2760	3,9	0,301	2,70	25,1	33,3	61
50% da força na Potência Máxima na 1ª marcha superior- Marcha – C1										
99,5 (73,1)	3000 (29,8)	8,5	2100	2760	3,3	0,330	2,55	25,1	37,4	60

Tabela 30- Resultados Conforme a Norma OECD-Code 2 em Pista de Concreto para o trator New Holland

Barra de Tração - OECD - CODE 2 – NEW HOLLAND

Sem Lastro - Tração dianteira ligada - Rotação do motor sem carga 2200 rpm										
Características de consumo de combustível										
Potencia na Barra	Força na Barra	Veloc.	Rotação rpm		Patin.	Consumo de combustível		Temperatura °C		Um. Rel. Ar
cv (kW)	kgf (kN)	km/h	Motor	Ventil.	%	kg/kW*h	kW*h/L	Ambiente	Combust.	%
75% da força na 1ª marcha inferior- Marcha – B2										
37,9 (27,9)	2300(22,6)	4,4	2300	2760	7,9	0,470	1,82	23,0	30,2	70
50% da força na 1ª marcha inferior- Marcha – B2										
26,9 (19,8)	1500(14,7)	4,7	2300	2760	4,3	0,561	1,51	21,8	29,9	71
Máxima potência - Marcha – B3 (7,8 km/h sem carga)										
63,7 (46,8)	3000(39,24)	5,7	2300	2760	13,1	0,373	2,27	22,4	32,1	73
75% da força na Potência máxima- Marcha – B3										
51,4 (37,8)	2300(22,6)	6,1	2300	2760	7,8	0,399	2,12	22,4	33,7	71
50% da força na Potência máxima- Marcha – B3										
37,7 (27,7)	1500(14,7)	6,4	2300	2760	4,8	0,468	1,80	25,6	32,2	71
75% da força na Potência Máxima na 1ª marcha superior- Marcha – C1										
65,4 (48,0)	2300(22,6)	7,7	2300	2760	7,9	0,362	2,35	24,4	33,3	68
50% da força na Potência Máxima na 1ª marcha superior- Marcha – C1										
46,5(34,2)	1500 (14,7)	8,2	2300	2760	4,8	0,484	1,74	26,6	37,4	69

APÊNDICE 1- Estatística descritiva dos ensaios em pista de concreto segundo a norma
OECD-Code 2 e em pista de solo Agrícola para o trator John Deere na marcha
B2

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Soma dos Quadrados	Mínimo	Máximo
PISTA DE CONCRETO							
Consumo Horário	26,95	4,91	24,09	18,21	5978,83	19,64	33,79
Consumo Específico	0,357	0,04	0,002	12,52	1,03	0,31	0,43
Velocidade	6,34	0,17	0,03	2,8	321,89	6,00	6,55
Força	37,56	11,67	136,19	31,07	12240,88	21,11	54,23
Patinagem	3,81	2,11	4,46	55,37	147,91	1,74	8,25
Potência	65,62	18,72	350,41	28,53	36902,77	38,21	90,3
Rendimento na Barra	48,97	13,97	195,15	28,53	20551,78	28,51	67,39
PISTA DE SOLO AGRÍCOLA							
Consumo Horário	25,06	4,48	20,04	17,86	3220,38	19,93	31,06
Consumo Específico	0,459	0,041	0,001	9,13	1,06	0,41	0,52
Velocidade	5,66	0,67	0,45	11,92	162,16	4,75	6,39
Força	29,88	6,75	45,52	22,58	4647,1	21,18	37,58
Patinagem	13,96	9,99	99,75	71,53	1373,8	4,36	28,29
Potência	45,97	5,44	29,61	11,84	10683,01	37,61	51,35
Rendimento na Barra	34,3	4,06	16,49	11,84	5949,55	28,07	38,32

APÊNDICE 2- Estatística descritiva dos ensaios em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo Agrícola para o trator John Deere na marcha B3

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Soma dos Quadrados	Mínimo	Máximo
PISTA DE CONCRETO							
Consumo Horário	30,49	5,58	31,09	18,29	8613,35	21,91	36,45
Consumo Específico	0,331	0,034	0,0012	10,43	1,001	0,296	0,396
Velocidade	7,33	0,51	0,26	7	486,43	6,24	7,79
Força	39,75	12,84	164,74	32,29	15540,94	21,62	57,07
Patinagem	4,40	1,79	3,20	40,65	200,13	2,12	7,30
Potência	79,52	21,17	448,32	26,63	60490,35	46,74	103,16
Rendimento na Barra	59,34	15,8	249,68	26,63	33688,1	34,88	76,98
PISTA DE SOLO AGRÍCOLA							
Consumo Horário	30,06	4,99	24,94	16,61	6473,63	22,98	36,22
Consumo específico	0,395	0,044	0,002	11,38	1,104	0,325	0,445
Velocidade	6,97	0,76	0,59	11,02	343,98	5,43	7,62
Força	34,43	9,66	93,35	28,06	8857,56	20,62	46,82
Patinagem	10,76	7,86	61,85	73,07	1181,96	3,92	27,03
Potência	65,1	13,04	170,1	20,03	30684,55	43,63	80,77
Rendimento na barra	48,58	9,73	94,73	20,03	17088,75	32,56	60,28

APÊNDICE 3- Estatística descritiva dos ensaios em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo Agrícola para o trator John Deere na marcha C1:

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Soma dos Quadrados	Mínimo	Máximo
PISTA DE CONCRETO							
Consumo Horário	31,03	5,24	27,45	16,88	7894,52	22,75	37,64
Consumo Específico	0,325	0,033	0,001	10,39	0,855	0,279	0,384
Velocidade	8,07	0,66	0,44	8,21	524,48	6,71	8,62
Força	37,46	11,7	136,9	31,24	12181,79	20,96	53,95
Patinagem	4,19	1,85	3,43	44,23	164,53	1,85	7,12
Potência	82,26	20,16	406,42	24,51	56985,08	50,03	102,32
Rendimento na Barra	61,39	15,04	226,34	24,51	31735,95	37,34	76,36
PISTA DE SOLO AGRÍCOLA							
Consumo Horário	31,23	4,72	22,32	15,12	5964,57	25,31	35,79
Consumo Específico	0,392	0,023	0,0005	5,91	0,926	0,371	0,437
Velocidade	7,65	0,73	0,54	9,6	354,3	6,318	8,39
Força	32,53	8,68	75,36	26,68	6727,27	20,96	44,1
Patinagem	10,46	5,92	35,03	56,6	831,18	3,89	20,44
Potência	67,74	12,59	158,56	18,59	28328,77	48,86	81,35
Rendimento na Barra	50,56	9,4	88,31	18,59	15776,77	36,46	60,71

APÊNDICE 4- Estatística descritiva dos ensaios em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo Agrícola para o trator New Holland na marcha B2:

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Soma dos Quadrados	Mínimo	Máximo
PISTA DE CONCRETO							
Consumo Horário	26,15	3,59	12,87	13,72	4166,28	22,4	30,52
Consumo Específico	0,415	0,064	0,004	15,44	1,056	0,357	0,533
Velocidade	6,09	0,14	0,027	2,36	222,86	5,83	6,25
Força	32,59	9,01	81,17	27,64	6778,68	20,45	44,53
Patinagem	4,26	1,86	3,46	43,66	126,23	2,32	7,48
Potência	54,82	13,97	195,13	25,48	19009,82	35,48	72,13
Rendimento na Barra	40,91	10,42	108,67	25,48	10586,89	26,48	53,83
PISTA DE SOLO AGRÍCOLA							
Consumo Horário	22,97	2,2	4,84	9,57	2125,54	19,8	24,51
Consumo Específico	0,593	0,073	0,005	12,44	1,424	0,531	0,684
Velocidade	5,60	0,37	0,14	6,71	126,11	5,091	5,98
Força	21,64	5,29	27,99	24,45	1957,28	14,72	27,27
Patinagem	11,99	5,89	34,64	49,11	678,51	6,08	20,08
Potência	33,28	6,28	39,42	18,87	4547,19	24,46	38,53
Rendimento na Barra	24,83	4,69	21,95	18,87	2532,41	18,25	28,75

APÊNDICE 5- Estatística descritiva dos ensaios em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo Agrícola para o trator New Holland na marcha B3:

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Soma dos Quadrados	Mínimo	Máximo
PISTA DE CONCRETO							
Consumo Horário	29	3,6	12,95	12,41	5965,2	23,83	32,13
Consumo Específico	0,368	0,052	0,002	14,23	0,968	0,318	0,470
Velocidade	7,06	0,49	0,24	7,04	350,77	6,07	7,42
Força	35,33	10	100,01	28,3	9338,93	20,78	47,9
Patinagem	5,29	2,91	8,48	55,09	246,55	2,5	11,1
Potência	68,27	15,68	245,98	22,97	34101,56	42,83	84,89
Rendimento na Barra	50,95	11,7	136,99	22,97	18991,74	31,96	63,35
PISTA DE SOLO AGRÍCOLA							
Consumo Horário	30,56	3,04	9,24	9,95	5649,98	27,49	35,57
Consumo Específico	0,454	0,054	0,003	11,97	1,25	0,405	0,553
Velocidade	6,56	1,05	1,10	16,02	263,85	4,53	7,31
Força	32,65	8,75	76,56	26,8	6778,02	21,18	45,53
Patinagem	8,98	6,47	41,88	72,08	693,13	3,27	20,68
Potência	57,56	9,18	84,18	15,94	20297,5	42,98	67,1
Rendimento na Barra	42,95	6,85	46,88	15,94	11304,02	32,08	50,07

APÊNDICE 6 - Estatística descritiva dos ensaios em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo Agrícola para o trator New Holland na marcha C1

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Soma dos Quadrados	Mínimo	Máximo
PISTA DE CONCRETO							
Consumo Horário	30,25	3,53	12,46	11,67	5551,39	26,85	35,72
Consumo Específico	0,360	0,050	0,002	13,98	0,790	0,293	0,444
Velocidade	8,25	0,80	0,65	9,77	411,89	6,89	8,93
Força	32,16	8,35	69,71	25,96	6555,56	20,76	42,44
Patinagem	4,11	1,57	2,49	38,35	114,12	2,22	5,97
Potência	72,27	13,26	175,78	18,34	32219,95	51,46	83,1
Rendimento na Barra	53,94	9,89	97,89	18,34	17943,83	38,4	62,02
PISTA DE SOLO AGRÍCOLA							
Consumo Horário	30,59	2,12	4,50	6,94	4697,41	27,61	32,83
Consumo Específico	0,403	0,062	0,003	15,51	0,829	0,342	0,500
Velocidade	7,94	1,09	1,20	13,82	320,53	6,10	8,67
Força	30,32	7,73	59,79	25,5	4837,07	20,78	40,24
Patinagem	6,9	3,12	9,73	45,23	276,75	4,04	11,96
Potência	65,21	10,12	102,34	15,51	21672,07	49,99	75,99
Rendimento na Barra	48,67	7,55	57	15,51	12069,54	37,31	56,71

APÊNDICE 7 - Estatística descritiva dos ensaios em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 para os tratores John Deere e New Holland marcha B2:

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Soma dos Quadrados	Mínimo	Máximo
TRATOR JOHN DEERE							
Consumo Horário	26,95	4,91	24,09	18,21	5978,83	19,64	33,79
Consumo Específico	0,357	0,044	0,002	12,52	1,037	0,316	0,434
Velocidade	6,34	0,17	0,03	2,8	321,89	6,00	6,55
Força	37,56	11,67	136,19	31,07	12240,88	21,11	54,23
Patinagem	3,81	2,11	4,46	55,37	147,91	1,74	8,25
Potência	65,62	18,72	350,41	28,53	36902,77	38,21	90,3
Rendimento na Barra	48,97	13,97	195,15	28,53	20551,78	28,51	67,39
TRATOR NEW HOLLAND							
Consumo Horário	26,15	3,59	12,87	13,72	4166,28	22,4	30,52
Consumo Específico	0,415	0,064	0,004	15,44	1,056	0,357	0,533
Velocidade	6,09	0,14	0,02	2,36	222,86	5,83	6,25
Força	32,59	9,01	81,17	27,64	6778,68	20,45	44,53
Patinagem	4,261	1,86	3,46	43,66	126,23	2,321	7,48
Potência	54,82	13,97	195,13	25,48	19009,82	35,48	72,13
Rendimento na Barra	40,91	10,42	108,67	25,48	10586,89	26,48	53,83

APÊNDICE 8 - Estatística descritiva dos ensaios em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo Agrícola para o trator John Deere na marcha B3

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Soma dos Quadrados	Mínimo	Máximo
TRATOR JOHN DEERE							
Consumo Horário	30,49	5,58	31,09	18,29	8613,35	21,91	36,45
Consumo Específico	0,331	0,034	0,001	10,43	1,001	0,296	0,396
Velocidade	7,33	0,51	0,26	7	486,43	6,245	7,79
Força	39,75	12,84	164,74	32,29	15540,94	21,62	57,07
Patinagem	4,40	1,79	3,20	40,65	200,13	2,124	7,30
Potência	79,52	21,17	448,32	26,63	60490,35	46,74	103,16
Rendimento na Barra	59,34	15,8	249,68	26,63	33688,1	34,88	76,98
TRATOR NEW HOLLAND							
Consumo Horário	29	3,6	12,95	12,41	5965,2	23,83	32,13
Consumo Específico	0,368	0,052	0,002	14,23	0,968	0,318	0,470
Velocidade	7,06	0,49	0,24	7,04	350,77	6,07	7,42
Força	35,33	10	100,01	28,3	9338,93	20,78	47,9
Patinagem	5,29	2,91	8,48	55,09	246,55	2,5	11,1
Potência	68,27	15,68	245,98	22,97	34101,56	42,83	84,89
Rendimento na Barra	50,95	11,7	136,99	22,97	18991,74	31,96	63,35

APÊNDICE 9 - Estatística descritiva dos ensaios em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo Agrícola para o trator John Deere na marcha C1:

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Soma dos Quadrados	Mínimo	Máximo
TRATOR JOHN DEERE							
Consumo Horário	31,03	5,24	27,45	16,88	7894,52	22,75	37,64
Consumo Específico	0,325	0,033	0,0011	10,39	0,8554	0,2797	0,3842
Velocidade	8,03	0,66	0,44	8,21	524,483	6,719	8,624
Força	37,46	11,7	136,9	31,24	12181,79	20,96	53,95
Patinagem	4,19	1,85	3,435	44,23	164,538	1,856	7,126
Potência	82,26	20,16	406,42	24,51	56985,08	50,03	102,32
Rendimento na Barra	61,39	15,04	226,34	24,51	31735,95	37,34	76,36
TRATOR NEW HOLLAND							
Consumo Horário	30,25	3,53	12,46	11,67	5551,39	26,85	35,72
Consumo Específico	0,3601	0,0503	0,0025	13,98	0,7905	0,2931	0,4446
Velocidade	8,253	0,806	0,65	9,77	411,893	6,892	8,934
Força	32,16	8,35	69,71	25,96	6555,56	20,76	42,44
Patinagem	4,116	1,579	2,492	38,35	114,122	2,229	5,977
Potência	72,27	13,26	175,78	18,34	32219,95	51,46	83,1
Rendimento na Barra	53,94	9,89	97,89	18,34	17943,83	38,4	62,02

APÊNDICE 10 - Estatística descritiva dos ensaios em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo Agrícola para o trator John Deere na marcha B2:

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Soma dos Quadrados	Mínimo	Máximo
TRATOR JOHN DEERE							
Consumo Horário	25,06	4,48	20,04	17,86	3220,38	19,93	31,06
Consumo Específico	0,459	0,041	0,001	9,13	1,060	0,417	0,529
Velocidade	5,66	0,67	0,45	11,92	162,16	4,75	6,39
Força	29,88	6,75	45,52	22,58	4647,1	21,18	37,58
Patinagem	13,96	9,99	99,75	71,53	1373,8	4,36	28,29
Potência	45,97	5,44	29,61	11,84	10683,01	37,61	51,35
Rendimento na Barra	34,3	4,06	16,49	11,84	5949,55	28,07	38,32
TRATOR NEW HOLLAND							
Consumo Horário	22,97	2,2	4,84	9,57	2125,54	19,8	24,51
Consumo Específico	0,593	0,073	0,005	12,44	1,424	0,531	0,684
Velocidade	5,60	0,37	0,14	6,71	126,11	5,09	5,98
Força	21,64	5,29	27,99	24,45	1957,28	14,72	27,27
Patinagem	11,99	5,89	34,64	49,11	678,51	6,08	20,08
Potência	33,28	6,28	39,42	18,87	4547,19	24,46	38,53
Rendimento na Barra	24,83	4,69	21,95	18,87	2532,41	18,25	28,75

APÊNDICE 11 - Estatística descritiva dos ensaios em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo Agrícola para o trator John Deere na marcha B3:

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Soma dos Quadrados	Mínimo	Máximo
TRATOR JOHN DEERE							
Consumo Horário	27,19	3,6	12,95	13,24	3746,93	22,41	31,37
Consumo Específico	0,407	0,012	0,0001	3,1	0,830	0,390	0,425
Velocidade	6,94	0,49	0,24	7,16	242,29	6,28	7,51
Força	29,71	6,53	42,67	21,98	4585,45	21,35	37,35
Patinagem	11,8	6,08	36,94	51,51	843,81	4,72	20,26
Potência	56,58	8,78	77,03	15,51	16316,02	44,53	65,16
Rendimento na Barra	42,23	6,55	42,9	15,51	9086,67	33,23	48,62
TRATOR NEW HOLLAND							
Consumo Horário	25,38	2,54	6,47	10,02	2595,16	22,78	28,38
Consumo Específico	0,570	0,093	0,008	16,41	1,326	0,509	0,708
Velocidade	6,64	0,70	0,49	10,57	177,85	5,68	7,30
Força	21,42	6,56	42,98	30,61	1963,39	13,39	29,3
Patinagem	13,03	8,77	76,91	67,29	910,18	4,65	24,9
Potência	38,54	8,1	65,64	21,02	6137,64	27,15	46,21
Rendimento na Barra	28,76	6,05	36,56	21,02	3418,15	20,26	34,49

APÊNDICE 12 - Estatística descritiva dos ensaios em pista de concreto segundo a norma OECD-Code 2 e em pista de solo Agrícola para o trator John Deere na marcha C1

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação	Soma dos Quadrados	Mínimo	Máximo
TRATOR JOHN DEERE							
Consumo Horário	29,11	5,08	25,82	17,46	4339,6	23,72	34,43
Consumo Específico	0,407	0,010	0,0001	2,63	0,830	0,393	0,421
Velocidade	7,64	0,73	0,54	9,64	294,33	6,71	8,33
Força	29,08	7,83	61,34	26,93	4473,24	20,57	37,65
Patinagem	11,99	7,79	60,76	64,99	962,31	4,67	21,65
Potência	60,41	10,59	112,11	17,53	18697,28	47,58	71,54
Rendimento na Barra	45,08	7,9	62,43	17,53	10412,83	35,5	53,39
TRATOR NEW HOLLAND							
Consumo Horário	28,37	3,1	9,59	10,91	3249,08	24,86	31,59
Consumo Específico	0,531	0,041	0,001	7,81	1,137	0,493	0,585
Velocidade	7,90	0,70	0,49	8,92	251,44	6,95	8,53
Força	21,12	5,56	30,87	26,3	1876,97	15,16	27,4
Patinagem	13,08	7,25	52,55	55,42	842,07	6,18	22,75
Potência	45,54	8,19	67,07	17,98	8497,88	35,89	52,88
Rendimento na Barra	33,99	6,11	37,35	17,98	4732,61	26,78	39,46

Of. N° -CEAQUIM

Botucatu, 11 de agosto de 2009.

Ilmo. Sr.
LEONARDO DE ALMEIDA MONTEIRO
Botucatu - SP

Tipo de Amostra: Óleo

Determinações de Parâmetros Físico-Químicos em óleo

Protocolos CEAQUIM	Parâmetros	Resultados
930/2009	Aparência	Límpida
931/2009	Poder calorífico ¹	10575 kcal/kg $\pm$ 0,43%
932/2009	Massa específica a 20°C ²	847 kg/m ³ $\pm$ 0,14%

Metodologia

- 1- Determinado em uma bomba calorimétrica marca Parr mod. 1341
- 2- Determinado pelo método de pesagem de volume conhecido e ajustado o resultado para a temperatura padrão 20°C

Prof. Dr. José Pedro Serra Valente
Responsável pelas Análises
CRQ No. 05100278 4ª. Região