

## **INFLUÊNCIA DO LASTRO LÍQUIDO E DA PRESSÃO INTERNA DOS PNEUS NA RELAÇÃO CINEMÁTICA DE UM TRATOR**

**RENAN PRADE<sup>1</sup>, CRISTIAN JOSUÉ FRANCK<sup>2</sup>, TIAGO RODRIGO FRANCETTO<sup>3</sup>,  
JONAS PACHECO FOGLIATTO<sup>4</sup>, ROBSON SCHNEIDER<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> e <sup>5</sup> Acadêmicos de Engenharia Agrícola da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Santa Cruz do Sul - RS, rprade04@gmail.com.

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, Mestre em Eng. Agrícola, Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC)

<sup>3</sup> Eng. Agrícola. Mestre em Eng. Agrícola. Doutorando em Eng. Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), Departamento de Engenharia Rural, CCR, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

<sup>4</sup> Engenheiro Agrícola.

Apresentado no  
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** O trabalho objetivou avaliar a influência do lastro líquido e da pressão interna dos pneus na relação cinemática de um trator agrícola 4x2 com TDA. Os testes foram realizados em pista asfáltica. O experimento foi composto por 6 combinações de tratamentos, em um esquema fatorial 2x3, obtidos pela interação entre os fatores lastro líquido (75% e 25% do volume interno dos pneus preenchidos com água e pressão interna (24, 18 e 12 psi). Após a aquisição dos dados, os mesmos foram submetidos a análise de variância utilizando o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Todos os fatores apresentaram influência significativa, sendo seus efeitos atribuídos de forma isolada. O lastro líquido apresentou diferença significativa entre seus níveis, sendo obtido o melhor resultado na presença de 75% do volume interno dos pneus com água (1,0036). As pressões de 24 psi, com 0,9986, e a de 18 psi, com 0,9985, proporcionaram a melhor condição quando avaliado este fator, não apresentando diferença significativa entre si. Porém, ambas diferiram para a condição de 12 psi, com 0,9965. A diminuição da pressão interna e do volume de lastro líquido dos pneus proporciona decréscimo da relação cinemática entre os eixos do trator.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tração dianteira auxiliar, teste a campo, lastragem

### **INFLUENCE OF LIQUID BALLAST AND INTERNAL PRESSURE OF TIRES IN RESPECT OF A TRACTOR KINEMATIC RELATION**

**ABSTRACT:** The study aimed to evaluate the influence of liquid ballast and internal tire pressure in the kinematics relation of a 4x2 tractor with FWA. The tests were performed on the asphalt track. The experiment consisted of six combinations of treatments in a 2x3 factorial arrangement, obtained by the interaction between the liquid ballast factors (75% and 25% of the internal volume of the tires filled with water and internal pressure (24, 18 and 12 psi). Following the acquisition of the data, they were subjected to analysis of variance using the Tukey test at 5% error probability. All factors had a significant influence and its effects attributed in an isolation manner. The liquid ballast showed a significant difference between their levels, obtained the best result in the presence of 75% of the internal volume of the water with tires (1.0036). The 24 psi pressures, with 0.9986, and 18 psi with 0.9985, provided the best condition when evaluated this factor, showing no significant difference between them. However, both differ to 12 psi condition with 0.9965. The decrease in the internal pressure and tire liquid ballast volume provides decrease of kinematic relation the axles of the tractor.

**KEYWORDS:** Front wheel assist, field test, ballasting.

## INTRODUÇÃO

O trator agrícola é um veículo desenhado para operar fora (*off-road*) e dentro das vias públicas (ORTIZ-CAÑAVATE, 2005). Segundo Monteiro (2008) a partir da década de 60, o uso de máquinas agrícolas teve uma intensificação relevante, fruto do processo de modernização da agricultura brasileira, tendo o trator agrícola um papel muito importante, sendo considerado o eixo da mecanização da agricultura moderna.

Conforme Márquez (2012) os tratores possuíam somente um eixo motriz maior, chamado, habitualmente, de trator de simples tração ou de duas rodas motrizes (2RM). A necessidade de possuir uma superfície maior de apoio, à medida que cresce a potência do motor, fez com que o sistema de tração evoluísse, passando o trator a contar com quatro rodas motrizes, equipado com tração dianteira auxiliar (TDA).

Os tratores equipados com tração dianteira auxiliar possuem uma ligação rígida entre os eixos dianteiros e traseiros, quando o operador aciona a TDA. Com este sistema acionado, o eixo dianteiro gira com uma rotação superior ao eixo traseiro, chamado avanço cinemático. Este avanço varia entre os modelos de trator, de acordo com critérios do fabricante, e tem a função de corrigir as diferenças de diâmetros entre as rodas do eixo dianteiro e traseiro. Como as velocidades periféricas das duas rodas devem ser iguais, os fabricantes recomendam pares compatíveis de pneus, deixando estas velocidades aproximadamente iguais. Já a relação cinemática pode ser alterada, pois depende da pressão interna dos pneus, da carga sobre os pneus, da transferência de peso e do desgaste diferenciado dos pneus (Ferreira, 1999), afetando diretamente a velocidade periférica, pois o diâmetro externo do rodado é alterado.

Os tratores agrícolas podem ter sua configuração alterada pelo usuário, com a finalidade de melhorar suas condições de trabalho, economia e eficiência nas operações. Entre as configurações que podem sofrer alterações estão: o lastro líquido, o sólido e sua distribuição, o tipo construtivo dos pneus e a pressão de interna (MONTEIRO, 2008).

Quando esses aspectos são modificados, a relação cinemática do trator também se altera, podendo chegar a níveis prejudiciais ao conjunto mecânico, desgaste excessivo dos pneus, aumento do consumo de combustível, diminuição da eficiência de tração e até em casos extremos ocasionar o *power hope*, ou galope, prejudicando a ergonomia no posto de operação do trator. Todos esses fatores aumentam a dificuldade do trator operar em sua melhor condição (RUSSINI, 2010).

Segundo Russini (2010), um veículo com tração nas quatro rodas, com acoplamento rígido entre os eixos, alcança seu máximo rendimento em tração quando as velocidades periféricas das rodas traseiras e dianteiras forem iguais, com relação cinemática próxima a 1, e que as melhores condições de relação cinemática, quando se deseja alta eficiência de tração devem apresentar valores entre 1,01 e 1,05, com a TDA acionada.

Se a relação cinemática do trator é alterada por diversos fatores como lastro líquido, sólido e sua distribuição, o tipo construtivo dos pneus e a pressão interna, então, uma incorreta equalização entre esses fatores pode gerar uma relação cinemática entre os eixos dianteiro e traseiro fora das descritas como aceitáveis. Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é avaliar a interação que a pressão interna dos pneus e o lastro líquido sobre a relação cinemática de um trator agrícola 4x2 com TDA, variando estes dois fatores de maneira independente.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campus da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Esta área está localizada geograficamente a 29°41'59'' de latitude sul e 52°25'40'' de longitude oeste. Com a finalidade de desprezar as condições de solo, a área de teste em questão apresenta pista asfáltica.

O trator utilizado foi da série MF 4000, modelo 4275, com potência de 56 kW. O trator foi cedido pela empresa Samaq Comercial de Máquinas Ltda., representante Massey Ferguson para a região do Vale do Rio Pardo. Estava equipado com pneus 12.4-24 R1 no eixo dianteiro e 18.4-30 R2 no eixo traseiro, também continha lastro metálico no para-choques dianteiro, totalizando 210 kg.

A pressão mínima utilizada, segundo Good Year (20--), foi de 12 psi, pois este é o valor mínimo para garantia da durabilidade e evitar que o pneu “rode” no aro. A pressão máxima utilizada foi de 24 psi, respeitando a recomendação do fabricante, em acordo com Pirelli (20--). A pressão intermediária foi a média das pressões mínima e máxima, sendo 18 psi.

O avanço cinemático foi determinado pelo método prático, no qual consiste em levantar um lado do trator e apoiá-lo sobre calços, ficando com duas rodas suspensas, podendo assim girar livremente (Figura 1). A seguir, aciona-se o motor do trator e liga-se a TDA, girando as duas rodas suspensas. Tomam-se 10 voltas completas das rodas dianteiras e traseiras para a determinação do tempo consumido para tal. Realizaram-se a média de três medições e a seguir dividiu-se os tempos médios da roda traseira pelo tempo médio da roda dianteira, encontrando o valor de avanço cinemático do trator de 1,3876 (Tabela 1). Para determinação do avanço cinemática foi utilizada a equação 1.

$$a = \frac{\text{tempo médio da roda traseira}}{\text{tempo médio da roda dianteira}} \quad (1)$$

em que,

$a$  = avanço cinemático, adimensional

Tempo médio da roda traseira, s

Tempo médio da roda dianteira, s

TABELA 1 - Determinação do avanço cinemático do trator MF 4275.

Determinações	Dianteiro (s)	Traseiro (s)
1 <sup>a</sup>	27,31	37,28
2 <sup>a</sup>	27,00	37,87
3 <sup>a</sup>	27,03	37,72
Média	27,11	37,62



FIGURA 1 - Levantamento de um dos lados do trator para determinação do avanço cinemático.

A relação cinemática foi determinada sobre pista asfáltica, através das distâncias percorridas pelas rodas em dez voltas, sem exercer tração (Figura 2). O cálculo da relação cinemática foi realizado com auxílio da Equação 2.

$$Kv = a \times \frac{rdd}{rdt} \quad (2)$$

Onde:

$Kv$  = relação cinemática, adimensional

$a$  = avanço cinemático, adimensional

$rdd$  = raio dinâmico dianteiro, m

$rdt$  = raio dinâmico traseiro, m



FIGURA 2 – Tomada de dados de distâncias percorridas em 10 voltas.

Foi utilizado o delineamento fatorial 2x3 distribuídos em parcelas subdivididas, com três repetições, totalizando 6 tratamentos (18 parcelas), sendo dois níveis de lastragem líquida, três situações de pressão interna dos pneus. A primeira condição avaliada foi com o trator com 75% de lastro líquido nos pneus dianteiros e traseiros, variando em três níveis as pressões internas dos mesmos. A segunda condição examinada, o trator possuía lastro líquido ocupando 25% do volume dos pneus dianteiros e traseiros, variando a pressão interna dos pneus em três níveis. Durante o experimento o trator deslocou-se em uma área devidamente isolada, com velocidade de deslocamento de 2,9 km h<sup>-1</sup>.

Durante os experimentos os resultados foram anotados manualmente em planilhas. Posteriormente os dados foram computados em planilhas desenvolvidas no software Microsoft Office Excel® 2013 para o cálculo da relação cinemática. Os valores de relação cinemática obtidos, foram submetidos à análise de variância, teste de comparação de médias, pelo teste de Tukey a 5%, utilizando o software de análise estatística Assistat 7.7 BETA.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (ANOVA) das variáveis, com suas respectivas médias, níveis e os resultados dos testes F são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Síntese da análise de variância com as médias dos fatores, seus níveis e os resultados do teste F.

Fatores	Relação Cinemática
<b>LASTRO LÍQUIDO</b>	
75%/75%	1,00036 a
25%/25%	0,99547 b
<b>PRESSÃO INTERNA</b>	
24 psi	0,99862 a
18 psi	0,99855 a
12 psi	0,99657 b
<b>TESTE F</b>	
Lastro líquido (F1)	93,9350 **
Pressão interna (F2)	7,1097 **
F1 x F2	2,8564 ns
Coefficiente de variação (CV) (%)	0,11
Média geral (MG)	0,99791

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si no teste de Tukey ( $p < 0,005$ )

NS: não significativo ( $P > 0,05$ ); \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ );

Todos os fatores apresentaram influência significativa ao nível de 1% de probabilidade sobre a relação cinemática, sendo que seus efeitos sobre esta variável é atribuída aos fatores isolados e não pela interação entre eles.

Também foi possível observar uma tendência de decréscimo dos valores quando a quantidade de lastro líquido também diminuiu. As diferenças médias dos valores de relação cinemática também sofreram influência significativa para o fator pressão interna. A pressão de 12 psi apresentou diferença estatisticamente significativa em relação as pressões de 24 e 18 psi. Já as pressão de 24 e 18 psi não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si. Os resultados apresentaram uma tendência de diminuição da relação cinemática quando diminuído o lastro líquido e a pressão interna dos pneus, visto que os dois fatores influenciam diretamente na deformação do pneu, alterando possivelmente o seu raio dinâmico como comprovado por Ferreira (2010).

Na Tabela 3 são apresentados os valores de relação cinemática para a interação entre os parâmetros de lastro líquido e pressão interna dos pneus.

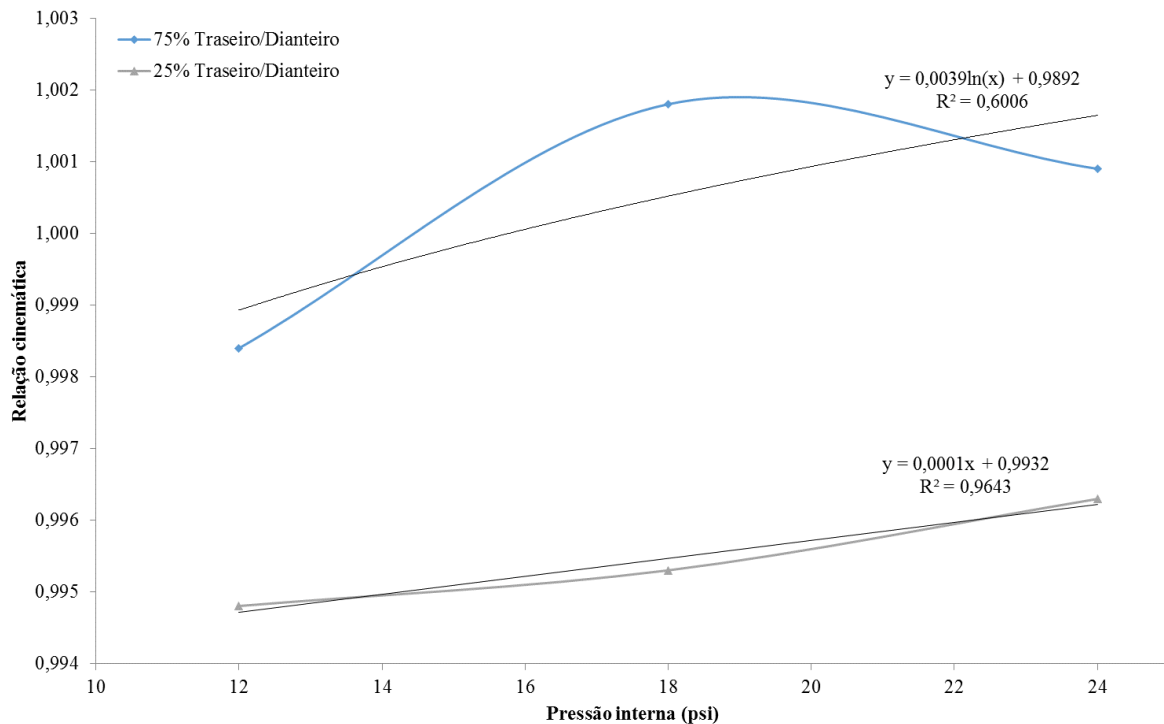
TABELA 3 - Médias interação entre valores de distribuição de lastro líquido e pressão interna dos pneus.

Distribuição de lastro líquido	Pressão interna do pneu		
	24 psi	18 psi	12 psi
75% Traseiro			
75% Dianteiro	1,0009	1,0018	0,9984
25% Traseiro			
25% Dianteiro	0,9963	0,9953	0,9948

Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Os valores de relação cinemática encontrados após a interação entre os dois fatores atingiram níveis acima de 1 para a condição de 75% de água nos pneus dianteiros e traseiros, para as pressões internas de 24 e 18 psi. Já para o restante das condições de lastro líquido nos pneus dianteiros e traseiros apresentaram valores de relação cinemática abaixo de 1, (Figura 3) independente da pressão interna dos pneus, variando 0,61% da melhor para a pior condição.

FIGURA 3 - Distribuição de lastro líquido × pressão interna do pneu.



## CONCLUSÕES

A interação entre os fatores pressão interna dos pneus e distribuição de lastro líquido nos pneus não altera a relação cinemática significativamente. A pressão interna causa diminuição na relação cinemática do trator, apresentando uma tendência de diminuição dos valores dessa relação à medida que a pressão interna também era diminuída. A relação cinemática do trator também é alterada significativamente pela distribuição de lastro líquido nos pneus do trator, apresentando tendência de diminuição quando a lastragem também é diminuída. A melhor condição de utilização foi observada para a situação de 75% de lastro líquido nos pneus traseiros e dianteiros, com pressão interna de 18 psi, resultando em 1.0018 de relação cinemática. A pior condição para a configuração de 25% de lastro líquido nos pneus dianteiros e traseiros e pressão interna de 12 psi, com o valor de 0.9948. Para nenhuma das condições estudadas, a relação cinemática está dentro da margem de alta eficiência em tração.

## REFERÊNCIAS

FERREIRA, M. F. *Estudo da relação cinemática entre eixos motrizes na eficiência em tração de um trator agrícola de rodas equipado com dois tipos de pneumáticos*. 1999. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria,

Santa Maria, 1999.

FERREIRA, M. F. Adequação trator-implemento. Caderno didático. Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias – Universidade de Santa Cruz do Sul – RS, 2010.

MÁRQUEZ, Luis. *Tractores agrícolas: tecnología y utilización*. Madrid: B&H Grupo Editorial, 2012.

MONTEIRO, L de A. *Desempenho operacional e energético de um trator agrícola em função do tipo de pneu, velocidade de deslocamento, lastragem líquida e condição superficial do solo*. 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.

ORTIZ-CAÑAVATE PUIG-MAURI, Jaime. *Tractores: técnica y seguridad*. Madrid: Mundi-Prensa, 2005.

RUSSINI, A. Máquinas Agrícolas I. Caderno didático. Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias – Universidade de Santa Cruz do Sul – RS, 2010.