

EFEITO DA PRESSÃO INTERNA DOS PNEUS R1 NA SUPERFÍCIE DE CONTATO E NO ÍNDICE DE AVANÇO CINEMÁTICO EM TRATORES 4X2 COM TDA

**Nathália Dias Lima¹; Grégori dos Santos Borges²; Everton Wermuth¹; Viviane Fernanda
Rott da Silva¹; Tiago Rodrigo Francetto³.**

¹ Acadêmica(o) de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Cachoeira do Sul, RS. Grupo de Tecnologia em Máquinas Agrícolas (GTM). E-mail: ndiaslima01@gmail.com

² Engenheiro Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Cachoeira do Sul, RS.

³ Professor da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Cachoeira do Sul, RS.

RESUMO

A área de contato entre o rodado e o solo desempenha um papel fundamental, influenciando diretamente a eficiência da tração, o desempenho operacional e a redução da patinagem durante as atividades agrícolas. O objetivo foi avaliar os efeitos da pressão interna na superfície de contato de pneus com banda de rodagem R1 e no índice de avanço cinemático utilizados em tratores 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA). Utilizando quatro pressões internas distintas, o delineamento experimental foi casualizado, realizando três repetições para aferição do avanço cinemático e um repetição para área de contato. Para determinar a área de contato dos pneus com o solo, a marcação foi feita sobre uma base de madeira com dimensões de 78 x 87,5 cm e utilizado gesso em pó, criando-se um molde visual da impressão do pneu, sendo registrado e inserido no software AutoCAD®. Os resultados mostraram que o aumento da pressão interna dos pneus, de 96,52 para 179,26 kPa, reduziu a área de contato (dianteiros de 0,016 para 0,014 m² e traseiros de 0,023 para 0,021 m²) e elevou o avanço cinemático de 2,05 para 3,10%. Conclui-se que o aumento da pressão interna dos pneus reduziu a área de contato e elevou o avanço cinemático.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com o avanço de novas tecnologias, a mecanização agrícola passou a ser um fator importante para a integração do setor e para o aumento da produtividade. O incremento da capacidade de tração dos tratores agrícolas passou a ser essencial, especialmente em condições que exigem maior esforço, como solos com inclinações acentuadas ou atividades com implementos de arrastos.

Nesse contexto, a área de contato entre o rodado e o solo desempenha um papel

fundamental, influenciando diretamente a eficiência da tração, o desempenho operacional e a redução da patinação durante as atividades agrícolas. Entretanto, problemas como o aumento do consumo de combustível, desgaste prematuro dos pneus e desempenho irregular do trator ainda são frequentes.

Uma das estratégias para mitigar esses problemas é o avanço cinemático, definido como o número adicional de rotações que a roda dianteira realiza em relação à roda traseira devido ao seu menor diâmetro, garantindo que ambos os rodados se desloquem de maneira mais uniforme. Outros fatores de correção incluem a adequação de lastro, visando equilibrar a distribuição de massa para otimizar a operação, a calibragem adequada dos pneus e a escolha do tipo de pneu mais apropriado para a condição de trabalho.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi de avaliar os efeitos da pressão interna na superfície de contato de pneus com banda de rodagem R1 e no índice de avanço cinemático utilizados em tratores 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação foi conduzida na concessionária Itaimbé Máquinas, localizada em Cachoeira do Sul (RS), em local pavimentado. Foi utilizado um trator Massey Ferguson, modelo MF 4707 4x2 TDA, com potência máxima de 79 cv, equipado com pneus do tipo R1. Os pneus dianteiros eram da marca GoodYear 12.4-24 (8 lonas), e os pneus traseiros eram da marca Firestone 18.4-30 (10 lonas). Seguindo as recomendações dos fabricantes para pressão máxima, foram adotadas 04 pressões, sendo: 96,52, 124,10, 151,68 e 179,26 kPa (14, 18, 22 e 26 psi).

A massa máxima do trator era de 4.125 kg (58,76% no eixo traseiro e 38,55% no dianteiro). A medição foi realizada com balança de sapata, sendo necessário adicionar 4 lastros sólidos de 40 kg no eixo dianteiro e 50% de lastro líquido nos rodados traseiros. O trator utilizado era novo e para a coleta do avanço cinemático foi utilizada uma velocidade de $0,5\text{ m s}^{-1}$ ($1,8\text{ km h}^{-1}$) na marcha 3 reduzida e uma rotação de motor de 940 rpm para todas as repetições.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Foram realizadas três repetições para aferição do avanço cinemático e um repetição para área de contato.

Para a variável avanço cinemático, a obtenção de dados envolveu abordagem prática e visual, incluindo contagem das garras e a análise da relação entre o número de voltas de cada roda com a TDA ligada e desligada, resultando em um índice relativo entre as rodas. De início, um ponto de referência no pneu do trator foi estabelecido para monitorar a garra correspondente à roda dianteira após dez voltas realizadas pela roda traseira, sendo referência enquanto o trator se deslocava em linha reta, as garras do pneu dianteiro foram numeradas de acordo com o

sentido de rodagem e após as dez voltas do pneu traseiro foram contabilizadas as voltas e mais o número de garras excedentes do pneu dianteiro, visto que a volta do pneu dianteiro não foi completa por conta da diferença de diâmetro entre ambas.

Após a obtenção do número de voltas e garras com a TDA ligada e desligada, realizou-se o cálculo do índice de avanço cinemático (1), e o avanço cinemático (2).

(1) Total de garras ao final do deslocamento = (Total de voltas dadas pelo pneu dianteiro * Número de garras do pneu dianteiro) + Número de garras excedente da volta incompleta.

(2) $\text{Avanço cinemático} = \frac{\text{Total de garras com tração}}{\text{Total de garras sem tração}} \cdot 100$

Para determinar a área de contato dos pneus com o solo, os rodados foram inflados com as pressões e suspensos por macaco hidráulico. A marcação do contato com o solo foi realizada sobre uma base de madeira com dimensões de 78 x 87,5 cm preenchida com gesso em pó, criando-se um molde visual da impressão do pneu, sendo registrado e inseridas no software AutoCAD®, mensurando a área com o uso de ferramentas do software.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na Figura 1 indicam que a pressão interna dos pneus influenciou tanto o avanço cinemático quanto a área de contato do trator com o solo. Observa-se que o avanço cinemático aumentou com a elevação da pressão dos pneus, variando de 2,05 a 3,10%. Esse comportamento pode ser explicado pela diminuição da deformação do pneu, o que pode ter comprometido a relação entre raios dinâmicos dos pneus dianteiros e traseiro.

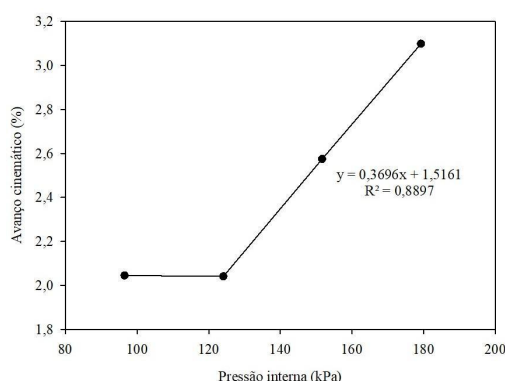
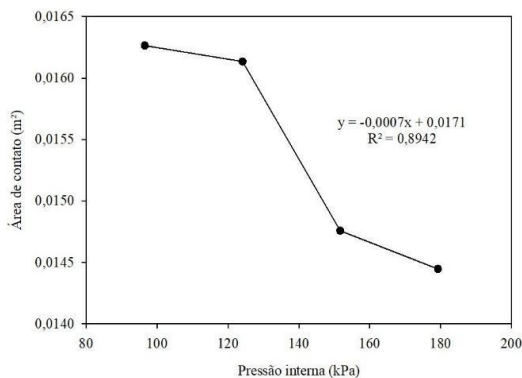
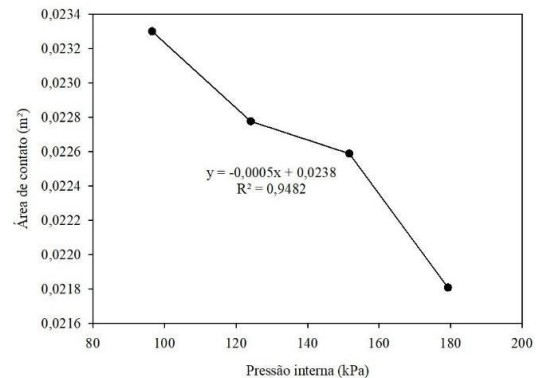


Figura 01. Efeito da pressão interna no avanço cinemático.

A Figura 2.A ilustra o efeito sobre a área de contato do rodado dianteiro em relação às pressões e na Figura 2.B para o rodado traseiro.



(A)



(B)

Figura 02. Área de contato do rodado dianteiro (A) e traseiro (B).

Quanto à área de contato, os pneus dianteiros apresentaram uma redução de 0,016m² para 0,014m² à medida que a pressão aumentou de 96,52 kPa para 179,26 kPa. Já os traseiros, também apresentaram uma ligeira diminuição da área de contato, passando de 0,023m² para 0,021m². Esse comportamento é consistente com a física dos pneus agrícolas, em que pressões mais altas tendem a reduzir a deformação do pneu, diminuindo a área de contato com o solo.

Esse resultado está de acordo com as observações de Bruno *et al.* (2025) e Lombardi *et al.* (2025), no qual destacam que com a pressão mais baixa promove um aumento na área de contato com o solo, onde a distribuição de carga se torna mais ampla.

4. CONCLUSÃO

A pressão interna dos pneus influenciou diretamente o avanço cinemático e a área de contato com o solo. O aumento da pressão reduziu a deformação dos pneus, resultando em menor área de contato e proporcionou maior avanço cinemático.

5. REFERÊNCIAS

- BRUNO, F.; LUIGI, F.; GIULIA, P.; VALDA, R. **Influence of ballast and tyre inflation pressure on traction performance of agricultural tractors evaluated in trials on concrete track.** AgriEngineering, 7, 4, 2025. 109. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agriengineering7040109>>. Acesso em: 20/09/2025.
- LOMBARDI, B.P.; PORTELINHA, A.; DE OLIVEIRA VIEIRA, I.C.; SANTOS-SILVA, B.; JASPER, S.P.; DA SILVA, R.P.; FRANCETTO, T.R. **Mass Impact of a Mounted Sprayer on the Operational Balance of an Agricultural Tractor.** AgriEngineering 2025, 7, 289. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agriengineering7090289>>. Acesso em: 20/09/2025.