

## INFLUÊNCIA DA TRAFEGABILIDADE DE TRATOR AGRÍCOLA COM DIFERENTES PRESSÕES DE INSUFLAGEM DOS PNEUS NA COMPACTAÇÃO DO SOLO

JUAN JOSE BONNIN<sup>1</sup>, PEDRO ANIBAL VERA OJEDA<sup>2</sup>, RUBEN FRANCO IBARS<sup>3</sup>,  
RICARDO CABALLERO MIERES<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doutor, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-985-229061, [jose.bonnin@hotmail.com](mailto:jose.bonnin@hotmail.com)

<sup>2</sup> Mestre, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-992-686193, [pvera@agr.una.py](mailto:pvera@agr.una.py)

<sup>3</sup> Mestre, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-971-151445, [rubenf27@yahoo.com.mx](mailto:rubenf27@yahoo.com.mx)

<sup>4</sup> Ing. Agr. Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-21-585-606, [mrcm90@hotmail.com](mailto:mrcm90@hotmail.com)

Apresentado no  
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

**RESUMO:** O intensivo uso de máquinas agrícolas na produção influencia diretamente nas propriedades dos solos e no desenvolvimento das culturas. Objetivou-se assim, avaliar a compactação do solo após aplicação de sucessivas cargas, caracterizando o efeito do tráfego controlado no solo. A experimentação realizou-se no campo experimental da FCA/UNA, Paraguai. A determinação da resistência do solo à penetração (RP) foi medida pelo índice de cone do solo (IC) realizou-se com auxílio de um penetrômetro eletrônico Eijkelkamp. Os tratamentos de compactação foram: T<sub>0</sub>: 0; T<sub>1</sub>: 1; T<sub>2</sub>: 3; T<sub>3</sub>: 5; T<sub>4</sub>: 7 e T<sub>5</sub>: 9 passadas consecutivas do trator no mesmo lugar. Coletaram-se dados de RP na linha e fora da linha de tráfego. A calibragem dos pneus foi realizada com 3 diferentes pressões de insuflagem (12, 20 e 28 psi), para cada nível de trafegabilidade. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Concluiu-se que o aumento da trafegabilidade apresentou um acréscimo significativo na RP, unicamente na profundidade de 0-100 mm, quanto maior a frequência de passadas, maiores foram os valores do IC. Os valores de pressões de insuflagem influenciaram significativamente no IC só na primeira profundidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Trafegabilidade, pressão de insuflagem, compactação do solo

### SENSOR FOR USE ACTIVE NDVI ACQUISITION IN WHEAT CROP.

**ABSTRACT:** The intensive use of agricultural machinery in the production directly influences on soil properties and crop development. Aimed to evaluate soil compaction after application of successive loads, characterizing the effect of controlled traffic on the soil. The trial was held in the experimental field of the FCA/UNA, Paraguay. The determination of the soil resistance to penetration (PR) measured by soil cone index (CI) was held with the aid of an electronic penetrometer Eijkelkamp. The compaction treatments were: T<sub>0</sub>: 0; T<sub>1</sub>: 1; T<sub>2</sub>: 3; T<sub>3</sub>: 5; T<sub>4</sub>: 7 and T<sub>5</sub>: 9 consecutive passes in place of the tractor. RP were collected data on-line and off the line of traffic. The tire pressure was conducted with three different pressures of inflation for each level of trafficability, being equal to 12, 20 and 28 psi. The experimental design was completely randomized. The results were submitted to analysis of variance and comparison of averages by the Tukey test ( $p < 0.05$ ). It follows that increasing the trafficability showed a significant increase in PR, only the depth of 0-100 mm, the higher the frequency of past, were higher CI values. The values of inflating pressures influenced significantly in the IC only the first depth.

**KEYWORDS:** Trafficability, inflation pressure, soil compaction

### INTRODUÇÃO:

Entre as principais causas da degradação do solo é o tráfego de veículos, especialmente nos atributos físicos (KAMIMURA et al. 2009). As alterações ou comportamentos de várias propriedades físicas do

solo e suas inter-relações são ótimas ferramentas para medir o estado de degradação do solo (GÓMEZ et al. 2013). O tráfego frequente de tratores em solos de lavoura favorece a compactação dos solos e afeta o fluxo e a disponibilidade da água, podendo reduzir substancialmente o rendimento dos cultivos. A compactação do solo não é uma propriedade do solo e sim o efeito da variação de algumas de suas propriedades, devido à ação de cargas externas, tais como o tráfego de máquinas e a ação de ferramentas agrícolas (LANÇAS, 2000). DIAS JÚNIOR (1996) afirmou que o efeito da compactação do solo em suas propriedades físicas aumenta a densidade do solo e as suas resistências mecânicas, diminuindo assim, as porosidades totais, tamanhos e continuidade dos poros, principalmente o volume de macroporos, enquanto que os microporos permanecem teoricamente inalterados. Segundo ALAKUKKU et al. (2003), o peso das máquinas e a pressão que as mesmas exercem no solo influenciam diretamente na profundidade e na distribuição dessa camada mais compactada, que geralmente faz parte do subsolo. Objetivou-se assim, avaliar a compactação do solo após aplicação de sucessivas cargas, caracterizando o efeito do tráfego controlado no solo.

## **MATERIAL E MÉTODOS:**

A investigação foi realizada no campo experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Nacional de Assunção, São Lorenzo, Departamento Central (Paraguai), localizado na latitude Sul 25°19'46" e longitude Oeste 57°31'10" com uma altura de 139 msnm (Datum WGS 84). O solo da área experimental foi classificado como Ultisol, de acordo com López et al. (1995). A textura de solo foi classificada como de franco arenosa, de acordo com a classificação da USDA (1999), onde as porcentagens médias de areia estiveram entre 75,12 e 79,15 %, com um releve plano. No momento do teste de campo a área encontrava-se coberta por vegetação espontânea e a mesma não vem sendo cultivada há vários anos, apresentando uma condição de superfície de solo agrícola firme sem preparo uniforme. Previa ao ensaio a área foi inicialmente escarificada e posteriormente uma operação gradagem. A área experimental foi dividida em três parcelas de 40 m de comprimento por 4 m de largura, um para cada tratamento (Pressão de insuflagem). O trator utilizado para simular a trafegabilidade foi da marca John Deere modelo 5605, tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), com uma potência máxima de 55 kW (75 cv), com um peso total de 44,31 kN (4.518 kg), aproximadamente. Os rodados pneumáticos eram modelo Pirelli TM 95 12.4-24, com 6 lonas nas dianteiras e nas terceiras 18.4-30, com 8 lonas. O trator contava apenas com lastro dianteiro, num total de 2 pesos de 0,98 kN (100 kg). A determinação da resistência do solo à penetração (RP) foi medida pelo índice de cone do solo (IC), nas faixas de profundidade de 0-100, 100-200, 200-300 e 300-400 mm, com auxílio de um penetrômetro eletrônico da marca Eijkelkamp. O teor médio de água do solo no início das provas de campo foi de 15,16% na primeira profundidade de 0-200 mm e de 13,78% na profundidade de 200-400 mm. Os tratamentos de compactação foram: T<sub>0</sub>: 0; T<sub>1</sub>: 1; T<sub>2</sub>: 3; T<sub>3</sub>: 5; T<sub>4</sub>: 7 e T<sub>5</sub>: 9 passadas consecutivas do trator no mesmo lugar. Realizou-se quatro repetições por tratamento e para cada repetição foram feitas sete leituras da resistência à penetração na linha e fora da linha de tráfego, em sentido transversal do rodado, cobrindo a largura de atuação dos pneus, antes e após a passagem do mesmo. A calibragem dos pneus foi realizada com 3 diferentes pressões de insuflagem do pneu do trator para cada nível de trafegabilidade, sendo iguais a 12, 20 e 28 psi. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparação de medias pelo teste de Tukey (p<0,05).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

Os valores obtidos para o índice de cone (IC), em função do tráfego controlado e pressões de insuflagem, são apresentados na Tabela 1. Pode-se observar um incremento estatístico significativo a 5% de probabilidade de erro, da resistência à penetração na primeira camada de profundidade (0-100 mm), conforme vá aumentando o número de passadas do rodado. O maior valor de resistência do solo à penetração registado nesta camada superficial foi no tratamento T<sub>5</sub>: 9 passada do rodado, apesar de não ter diferença significativa entre os tratamentos T<sub>2</sub>: 3, T<sub>3</sub>: 5 e T<sub>4</sub>, diferindo da condição de T<sub>1</sub>:1 passada e da inicial sem tráfego T<sub>0</sub>: 0 (Testemunha). A localização desta diferença estatística significativa nesta camada pode dever-se ao tráfego de máquinas agrícolas durante o ciclo do cultivo. Devido ao peso por eixo e às pressões aplicadas no solo pelo pneu do trator, influenciado pela carga e

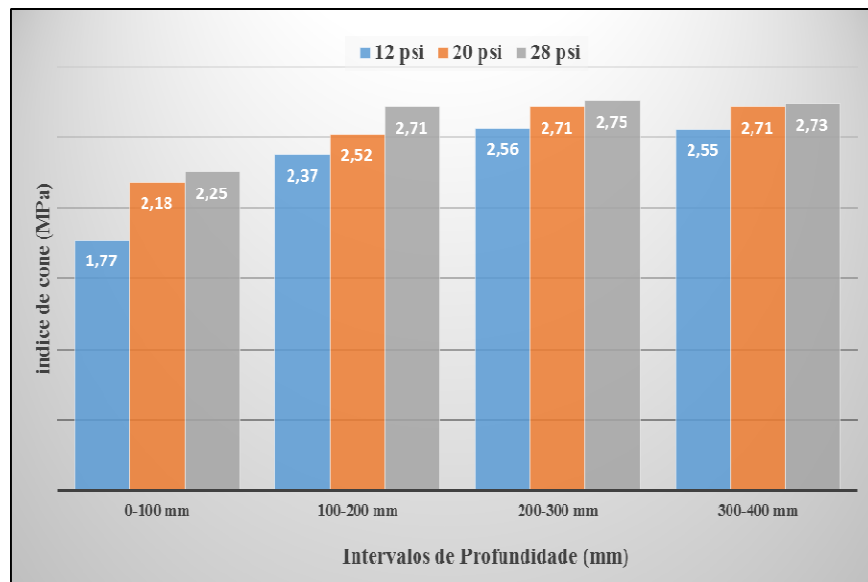
área de contato pneu/solo, concordando com o exposto por RAPER & ERBACH (1990). Os máximos valores do IC foram registados nos tratamentos T<sub>4</sub>: 7 e T<sub>5</sub>: 9 passadas do trator e a partir do tratamento T<sub>2</sub>: 3 os valores de IC foram superiores ao 2 MPa, que de acordo com SILVA et al. (2002) esse valor tem sido associado às condições impeditivas para o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas. Entretanto, CAMARGO & ALLEONI (1997) admitem que quando a resistência do solo à penetração é menor do que 1 MPa não há limitações ao crescimento radicular, sendo o solo considerado como de muita baixa resistência, entanto que para valores entre 1 e 2,5 MPa, a resistência deve ser considerada baixa, ocorrendo pouca limitação ao crescimento radicular.

**TABELA 1.** Valores médios de índice de cone (IC) por tratamento com relação a profundidade e pressões de insuflagem do pneu do trator.

Nº de passadas	Profundidade			
	0-100 mm	100-200 mm	200-300 mm	300-400 mm
	<b>Índice de Cone (Mpa)</b>			
<b>T<sub>0</sub>: 0</b>	1,80 b	2,40 a	2,50 a	2,50 a
<b>T<sub>1</sub>: 1</b>	1,82 b	2,43 a	2,60 a	2,56 a
<b>T<sub>2</sub>: 3</b>	2,03 ab	2,55 a	2,60 a	2,64 a
<b>T<sub>3</sub>: 5</b>	2,21 a	2,70 a	2,75 a	2,72 a
<b>T<sub>4</sub>: 7</b>	2,26 a	2,73 a	2,86 a	2,87 a
<b>T<sub>5</sub>: 9</b>	2,27 a	2,78 a	2,71 a	2,73 a
	<b>Índice de Cone (Mpa)</b>			
<b>Pressão de Insuflagem</b>				
<b>12 psi</b>	1,77 b	2,37 a	2,56 a	2,55 a
<b>20 psi</b>	2,18 a	2,52 a	2,71 a	2,71 a
<b>28 psi</b>	2,25 a	2,71 a	2,75 a	2,73 a
<b>CV (%)</b>	11,83 <sup>*</sup>	12,56 <sup>ns</sup>	14,66 <sup>ns</sup>	14,74 <sup>ns</sup>

Médias com uma letra coluna não são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), de acordo com o teste de Tukey. \*CV: Coeficiente de variação

Na seguinte profundidade (100-200 mm), pode-se observar uma condição de solo mais consolidada e homogênea para todos os tratamentos (Número de passadas do trator), como também tem acontecido nas profundidades de 200-300 e 300-400 mm. Em nenhum caso foi possível observar diferença estatística significativa entre as três mensurações realizadas, possivelmente atribuível à existência de um piso de labrança, o qual poderia ter determinado uma situação de suporte, que possibilitará o incremento da resistência do solo à penetração. Embora não existisse diferença significativa para os tratamentos verificou-se que a resistência à penetração, teve pouco acréscimo em profundidade, a resistência se manteve praticamente uniforme no perfil do solo, indicando que a pressão que o pneu exerce é bem distribuída no solo. Os maiores valores do IC foram registados nos tratamentos T<sub>4</sub>: 7 e T<sub>5</sub>: 9 passadas do trator. Como esperado, a área de contato pneu-solo diminuiu com o aumento da pressão de insuflagem do pneu e a pressão de contato pneu-solo aumentou com o acréscimo da pressão do pneu, concordado com o expressado por CORREA et al. (2000). Os resultados obtidos na Tabela 1, demonstram que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ), entre a pressão de insuflagem do pneu, somente na primeira profundidade (0-100 mm), onde a maior resistência mecânica à penetração do solo foi registrada na máxima pressão (28 psi), com um IC de cone de 2,25 Mpa, não diferindo estatisticamente da pressão de 20 psi e se da pressão mais baixa do pneu. Através da Figura 1 torna-se possível verificar o efeito da pressão de insuflagem do pneu do trator no solo, onde se observa que após a passagem do pneu nas profundidades de 200-300 e 300-400 mm, praticamente não apresentaram muita variação, tanto em seu posicionamento (Profundidade de avaliação), como à pressão de insuflagem do pneu. A partir da profundidade de 100-200 mm, tem-se uma faixa de maior resistência (Entre 2,37 e 2,75 MPa), localizada principalmente na pressão de 28 psi. Com relação aos coeficientes de variação (CV) obtidos na análise, ficaram em torno 11,83 a 14,74%, que de acordo à classificação de PIMENTEL-GÓMEZ (2009) pode ser considerado como uma variação média. O autor menciona que se as condições experimentais foram controladas adequadamente, os valores de CV podem variar entre 10 e 20%, quando considerado experimentos a campo.



**FIGURA 1.** Valores médios de índice de cone (MPa), antes e após a passagem dos rodados do trator, a diferentes pressões de insuflagem (12, 20 e 28 psi).

## CONCLUSÕES:

Conclui-se que o aumento da trafegabilidade do trator apresentou um acréscimo significativo ( $p < 0,05$ ) na resistência do solo à penetração unicamente na profundidade de 0-100 mm, quanto maior a frequência de passadas do trator, maiores foram os valores do IC. Os valores de pressões de insuflagem dos pneus adotados influenciaram significativamente na compactação do solo unicamente na primeira profundidade.

## REFERÊNCIAS:

- ALAKUKKU, L.; WEISSKOPF, P.; CHAMEN, W.C.T.; TIJINK, F.G.J.; VAN DER LINDEN, J.P.; PIRES, S.; SOMMER, C.; SPOOR, G. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review Part 1. Machine/soil interactions. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.73, n.1-2, p.145-160, 2003.
- CORREA, I. M., LANÇAS, K. P., MAZIERO, J. V., 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. México. **Anales**. 2000.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: ESALQ. 132p. 1997.
- DIAS JÚNIOR, M. S. Notas de aulas de física do solo. Lavras: **Departamento de Física do Solo**, Universidade Federal de Lavras, 168p. 1996.
- LANÇAS, K.P. Diagnóstico e controle localizado da compactação do solo. IN: CONGRESSO INTERNACIONAL DO AGRONEGÓCIO DO ALGODÃO/SEMINÁRIO ESTADUAL DA CULTURA DO ALGODÃO. Cuiabá: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso. **Anais**. p.25-32. 2000.
- LÓPEZ, G. O. **Clasificación de suelos de la región oriental**. Paraguay MAG. Esc. 1:500.000. 1995.
- USDA. **Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo**. Argentina. 1999.
- RAPPER, R.; ERBACH, D. Prediction of soil stresses using the finite element method. **Transaction of the ASAE**. St. Joseph, v.33, n.3, p.725-730. 1990.
- SILVA, A. P.; TORMENTA, C. A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M. H; MULLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. **Qualidade física do solo: métodos de estudo sistemas de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal: FUNEP, p. 1-18. 2002.
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 15 eds., **Fealq**, São Paulo, 2009.