



## Palha sobre o solo dissipa a energia aplicada pelas máquinas agrícolas?

**VINÍCIUS SCHERER HILBIG<sup>(1)</sup>, ANDRÉ ANIBAL BRANDT<sup>(2)</sup>, ALEXANDER DANIEL ZINK<sup>(3)</sup>, JOSÉ MIGUEL REICHERT<sup>(4)</sup>, DALVAN JOSÉ REINERT<sup>(4)</sup>, RAINER HORN<sup>(5)</sup>**

**RESUMO** – O tráfego de máquinas sobre áreas de cultivos de plantas é um dos fatores que mais influenciam na compactação dos solos. Os efeitos da compactação estão diretamente relacionados com redução significativa da produtividade das culturas. Esse problema vem se agravando nos últimos anos com a utilização de máquinas cada vez maiores e, sem o aumento da área de contato pneu-solo, exercendo uma maior pressão sobre o solo e aumentando assim sua compactação diminuindo os espaços livres do solo. Essa situação pode ter seu efeito reduzido com o acúmulo de palha na superfície do solo. Com o objetivo de avaliar a capacidade de a palha absorver parte da energia exercida realizaram-se testes no campo para a determinação das pressões aplicadas pelas máquinas agrícolas. Para isso utilizou-se o Soil Stress Transducer (SST) e Displacement Transducer System (SST/DTS), da Christian Albrechts University zu Kiel, Kiel, trazidos da Alemanha através de convênio CAPES-PROBRAL. Os ensaios foram realizados em um Latossolo Vermelho Distrófico típico, na região de Passo Fundo (EMBRAPA). Para a determinação das pressões no solo foram instalados sensores em três profundidades 12, 27 e 45 cm, e realizado o tráfego sobre os mesmos para a medição das pressões nas distintas profundidades. O DTS foi instalado na profundidade de 27 cm com o tráfego da colhedora com palha. No tráfego com e sem palha, obteve-se um efeito significativo na redução das pressões exercidas sobre o solo. Quando comparadas as pressões das diferentes máquinas, não se obtiveram diferenças significativas, mesmo com a grande diferença de peso entre a colhedora e o trator, o que pode ser explicado pela maior área de contato pneu-solo da colhedora. Quanto ao seu movimento no momento do tráfego, o solo mostrou uma boa elasticidade.

### Introdução

As máquinas que trafegam sobre uma área cultivada são o principal agente da compactação dos solos agrícolas. A compactação pode ser maior ou menor

dependendo do tipo de pneu, suas dimensões, velocidade de operação, número de vezes que trafega sobre o mesmo local e carga suportada [1]. Contudo, as máquinas agrícolas têm aumentado consideravelmente o seu peso, mas a área de contato pneu-solo não tem aumentado. Isso ocasiona um aumento da pressão exercida, transmitindo, assim, maiores tensões para o solo. Um solo quando está compactado pode estar bom quimicamente, mas devido à compactação as plantas não conseguem absorver os nutrientes em função do mal desenvolvimento radicular, o que acarreta em um baixo desenvolvimento da planta. A compactação também diminui os espaços livres do solo e, conseqüentemente, a quantidade de oxigênio, o que pode ser limitante para o desempenho dos processos metabólicos da planta [2].

Alguns pesquisadores citam que a compactação do solo em superfície, até 25 cm, se relaciona com a área de contato pneu-solo e a compactação em profundidade se deve às cargas sobre o eixo das máquinas agrícolas [3]. Vários métodos para determinar a pressão sobre ou no solo foram desenvolvidos. Um completo sistema para medir as tensões sofridas pelo solo quando submetido a cargas externas foi idealizado, usando-se uma combinação de seis sensores de pressão montados em um único bloco [4,5]. Vários pesquisadores têm eliminado a instalação de transdutores de pressão no solo, colocando-os diretamente no pneu ou na superfície do solo onde ocorre o tráfego [6,7]. Esses dispositivos medem somente as pressões exercidas na superfície do solo.

A determinação da distribuição das tensões normais no solo, onde são usadas sistemas de medidas de tensões, foi descrita por vários autores [8,9,10,11,12,13,14], resumindo as propriedades físicas mecânicas dos solos, principalmente os cultivados. Também quantificaram o efeito de tráfico e a distribuição da tensão nas mudanças das propriedades físicas dos solos.

Em solos não mobilizados, a maioria dos poros é vertical, sendo esses mais fortes que os que têm uma distribuição vertical e horizontal ou poros horizontais, pois os poros verticais têm uma maior estabilidade quando submetidos a uma tensão vertical. Assim, solos sem revolvimento ou com o mínimo de revolvimento são mais resistentes à compactação quando comparados com solos

<sup>(1)</sup> Acadêmico do Curso de Agronomia no Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, Bolsista de Iniciação Científica Fapergs, Av. Roraima Prédio 42, Santa Maria, RS, CEP 97105-900. E-mail: [vshilbig@yahoo.com.br](mailto:vshilbig@yahoo.com.br) (apresentador do trabalho).

<sup>(2)</sup> Engenheiro Agrícola, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima Prédio 42, Santa Maria, RS, CEP 97105-900.

<sup>(3)</sup> Doutorando, Institute for Plant Nutrition and Soil Sciences, Christian-Albrecht-University zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 2, D-24118 Kiel.

<sup>(4)</sup> Engenheiro Agrônomo, PhD, Professor do Departamento de Solos no Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima Prédio 42, Santa Maria, RS, CEP 97105-900.

<sup>(5)</sup> Professor, Institute for Plant Nutrition and Soil Sciences, Christian-Albrecht-University zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 2, D-24118 Kiel.

com preparo convencional [15]. Contudo, para que a deformação do solo ocorra, deve-se ter poros cheios de ar e ou de espaço poroso com alta condutividade hidráulica para escoar a água a qual esta no poro. Quanto menor a condutividade hidráulica, gradiente e continuidade dos poros, mais estável é o solo durante um carregamento em um tempo curto.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade da palha absorver parte da energia exercida pelas máquinas na compactação do solo.

**Palavras-Chave:** Tráfego de máquinas agrícolas, pressões efetivas no solo.

## Material e métodos

Os ensaios foram realizados em um argiloso, Latossolo Vermelho Distrófico típico [16], na região de Passo Fundo, localizado na área experimental do EMBRAPA Trigo em Passo Fundo/RS, situada ao sul do paralelo 24° de latitude sul. Caracterizada pela ocorrência de precipitação pluvial mínima de 60 mm mensais, distribuída ao longo de todos os meses do ano [17], o clima da região enquadra-se na classificação de Köpen, zonas Cfa e Cfb.

Os ensaios foram realizados sob a presença e a ausência de palha. A palha existente na área era aveia e azevém com uma média de 7 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca. As máquinas utilizadas nos ensaios foram: uma colhedora Massey Ferguson 3640 e um trator Massey Ferguson 265 com um pulverizador de com 600 L de água usado para lastro. A colhedora tem um peso total de 7830 kg sendo que 6270 kg sobre o eixo dianteiro e 1560 kg sobre o eixo traseiro, com pneus dianteiros e traseiros da marca Goodyear 18.4-26 R1 e 9.00.16-F2 respectivamente, com pressão interna de 152 kPa. O trator tem um peso total de 4080 kg sendo que 540 kg sobre o eixo dianteiro e 3540 kg sobre o eixo traseiro, com pneus dianteiros e traseiros da marca Goodyear RR18 7.50-16 e 14.9-28 respectivamente, com pressão interna de 152 kPa. As pressões utilizadas nos pneus foram as recomendadas pelo fabricante.

Para a determinação da área de contato pneu-solo, inicialmente marcou-se com farinha na volta do pneu, retirou-se a máquina e após foi colocado uma trena no sentido longitudinal (Figura 1). Nesse instante foi tirada uma foto digital, a qual com o auxílio de softwares específicos foi usada para calcular a área de contato pneu-solo. A área de contato no tráfego da colhedora com palha foi de 1903 cm<sup>2</sup>, sendo a pressão aplicada de 1,65 kgf cm<sup>2</sup>, e para o tráfego sem palha obteve-se uma área de contato de 1330 cm<sup>2</sup>, sendo a pressão aplicada de 2,36 kgf cm<sup>2</sup>. Os ensaios foram realizados somente com o tráfego do pneu dianteiro, por isso não foi determinada a área de contato pneu-solo do pneu traseiro. Quando realizado o tráfego, o solo estava com uma umidade de 0,29 g g<sup>-1</sup>. Para a instalação dos sensores no solo (Figura 2) foi aberta uma trincheira de 1 x 1 x 0,8 m, na qual em três lados foram abertos canais na horizontal com auxílio de um

cano e martelo com um comprimento de 70 cm, aproximadamente.

A distribuição de tensões com o tráfego das máquinas foi determinada com a instalação do Soil Stress Transducer e Displacement Transducer System (SST/DTS), o qual foi desenvolvido por Kühner [12]. Os sensores para a medição da tensão, com seis células de carga (Figura 3), foram instalados no local da passagem dos pneus, em quatro profundidades 12, 27 e 42 cm, conforme esquema apresentado na Figura 4. O movimento do solo durante o tráfego foi medido com o Displacement Transducer System (DTS). É possível medir o movimento do solo nas três direções (X, Y e Z), o qual é transmitido para um ponto fora do solo, onde após é calculado o movimento que o sensor fez. A descrição da construção e as funções são descritas por [12]. O sistema de DTS foi conectado ao SST na profundidade de 27 cm.

## Resultados e discussão

Quando o tráfego realizado com a colhedora com e sem a presença de palha sobre a superfície do solo, obteve-se uma diferença significativa na da redução da pressão medida na profundidade de 12 e 42 cm, o que nos mostra que a palha absorveu parte da energia aplicada (Figura 5). Um fator para a redução da energia aplicada ao solo com a presença de palha é que a palha aumenta a área de contato pneu-solo. Com a presença de palha a área de contato foi de 1903 cm<sup>2</sup>, e quando não havia palha na superfície a área de contato foi de 1330 cm<sup>2</sup>.

Brandt [18], em estudo realizado utilizando-se do ensaio de Proctor alterado com 12 Mg ha<sup>-1</sup> de palha na superfície, obteve um redução de aproximadamente 8,6 % da energia aplicada sobre o solo. Braida *et al.*[19], em um estudo realizado no laboratório com ensaio de Proctor, observaram que a palha dissipou em ate 25,4 % da energia aplicada com 8 Mg ha<sup>-1</sup> de palha de milho sobre a superfície do solo.

Quando comparamos os resultados obtidos com o tráfego do trator com palha e da colhedora com palha observou-se que não houve uma diferença significativa nesses tratamentos, mesmo a colhedora tendo um peso bem superior ao do trator. Isso pode ser explicado pelo fato que a área de contato pneu-solo do trator é de 920 cm<sup>2</sup> e enquanto a da colhedora é de 1903 cm<sup>2</sup>. Com isso, podemos observar bem que quanto maior a área de contato pneu solo menor a pressão aplicada sobre o solo.

O movimento do solo com o tráfego da colhedora com a presença de palha está apresentado na Figura 6. O tráfego foi realizado da direita para a esquerda, onde podemos observar que, primeiramente, o solo se movimentou para frente no sentido do tráfego e após o tráfego houve um movimento no sentido contrário. Esse movimento do solo está relacionado com sua capacidade de recuperação à deformação, ou seja, a sua elasticidade.

## Conclusões

Os resultados no campo são coerentes aos resultados obtidos em laboratório quanto ao acúmulo de palha na

superfície do solo e de sua capacidade de absorver parte da energia transmitida pelas máquinas agrícolas para o solo.

A área de contato pneu-solo é uma maneira fácil de se reduzir o efeito da compactação do solo, aumentando-se a largura dos pneus utilizados nas máquinas.

## Referências

- [1] MAZIERO, J.V.G., MIALHE, L.G., CORRÊA, I.M.C. et al. 1997 Efeito da patinação da roda motriz de um trator agrícola na compactação do solo. *Bragantia*, 56: 191-197.
- [2] QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S.; MIRANDA, M.A.C. de. 2000. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35: 929-938.
- [3] SMITH, D.L. & J.W. DICKSON. 1990. Contributions to Vehicle Weight and Ground Pressure to Soil Compaction. *Journal of Agricultural Engineering Research* 46: 13-29.
- [4] NICHOLS, T.A.; BAILEY, A.C.; JOHNSON, C.E.; GRISSE, D. 1987. A stress state transducer for soil. *Trans. ASAE*, 30: 1237-1241.
- [5] HARRIS, H.D. & BAKKER, D.M. 1994. A soil stress transducer for measuring in situ Soil stresses. *Soil Tillage Res.* 29:35-48.
- [6] DEGIRMENCIOLU, A.; WILKINSON, R.H.; SRIVASTAVA, A.K.; WOLFF, T.H.; WAY, T.R. 1997. Effects of dynamic load, inflation pressure and slip on soil-tire interface pressures. *ASAE Paper No. 97-1024*. St. Joseph, MI: ASAE.
- [7] SMITH, B.E.; BURCHAM, T.N.; TO, F.S.; VANDEVENDER, K.W.; MATTHES, R.K. 1994. Mobile soil-tire interface measurement system. *Trans. ASAE* 37(5):1633-1637.
- [8] HORN, R. 1981. Die Bedeutung der Aggregierung von Böden für die mechanische Belastbarkeit in dem für Tritt relevanten Auflastbereich und deren Auswirkungen auf physikalische Bodenkenngrößen. *Schriftenreihe FB 14 TU Berlin, Germany*.
- [9] VAN DEN AKKER, J.J.H.; ARTS W.B.M.; KOOLEN, A.J.; STUIVER, H.J. 1994. Comparison of stresses, compactions and increase of penetration resistances caused by a low ground pressure tyre and a normal tyre. *Soil Tillage Res.* 29:125-134.
- [10] BLUNDEN, B.G.; MCBRIDE, R.A.S.; DANIEL, H.; BLACKWELL, P.S. 1994. Compaction of an earthy sand by rubber tracked and tired vehicles. *Aust. J. Soil Res.*, 32:1095-1108.
- [11] WIERMANN, C. 1998. Auswirkungen differenzierter Bodenbearbeitungen auf die Bodenstabilität und das Regenerationsvermögen lössbürtiger Ackerstandorte. *PhD Thesis. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenernährung und Bodenkunde, H.45 ISSN: 0933-680X*.
- [12] KÜHNER, S. 1997. Simultane Messung von Spannungen und Bodenbewegungen bei statischen und dynamischen Belastungen zur Abschätzung der dadurch induzierten Bodenbeanspruchung. *Ph.D. Thesis, Christian-Albrechts University, Kiel, Germany*.
- [13] VOSSBRINK, J.; HORN, R. 2004. Modern forestry vehicles and their impact on soil physical properties. *Eur. J. Forest Res.* 123:259-267.
- [14] HORN, R.; VAN DER AKKER, J.J.H.; ARVIDSON, J. 2000. Subsoil compaction - distribution, processes and consequences. *Adv. Geocology*, 32, 462p, Catena Publ. Reiskirchen.
- [15] HORN, R. 1986. Auswirkung unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf die mechanische Belastbarkeit von Ackerböden. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 149:9-18.
- [16] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 412 p.
- [17] NIMER, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 442p.
- [18] BRANDT, A.A. *Propriedades mecânicas de solo franco arenoso sob distintos sistemas de preparo, tráfego mecanizado e resíduos vegetais*. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 89p. (Dissertação de Mestrado).
- [19] BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; REINERT, D.J. 2006. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 30: 605-614.



Figura 1. Foto da área de contato pneu-solo.



Figura 2. Instalação dos sensores (SST).

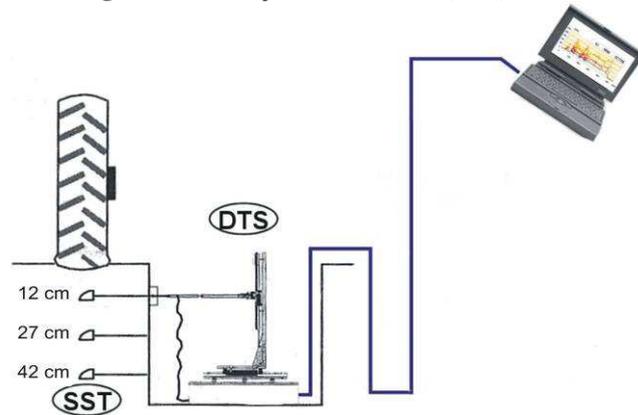
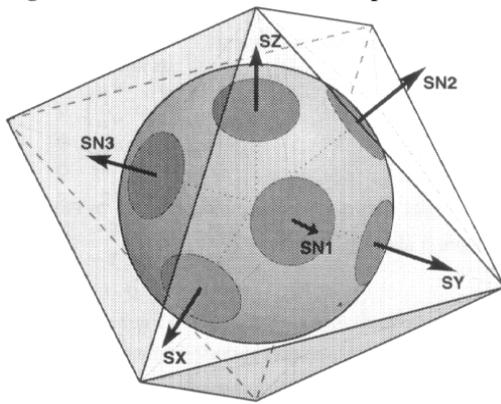


Figura 3. Arranjo dos sensores para a medição das tensões no solo (Gräsle, 1999).

Figura 4. Esboço esquemático da instalação do SST e DTS.

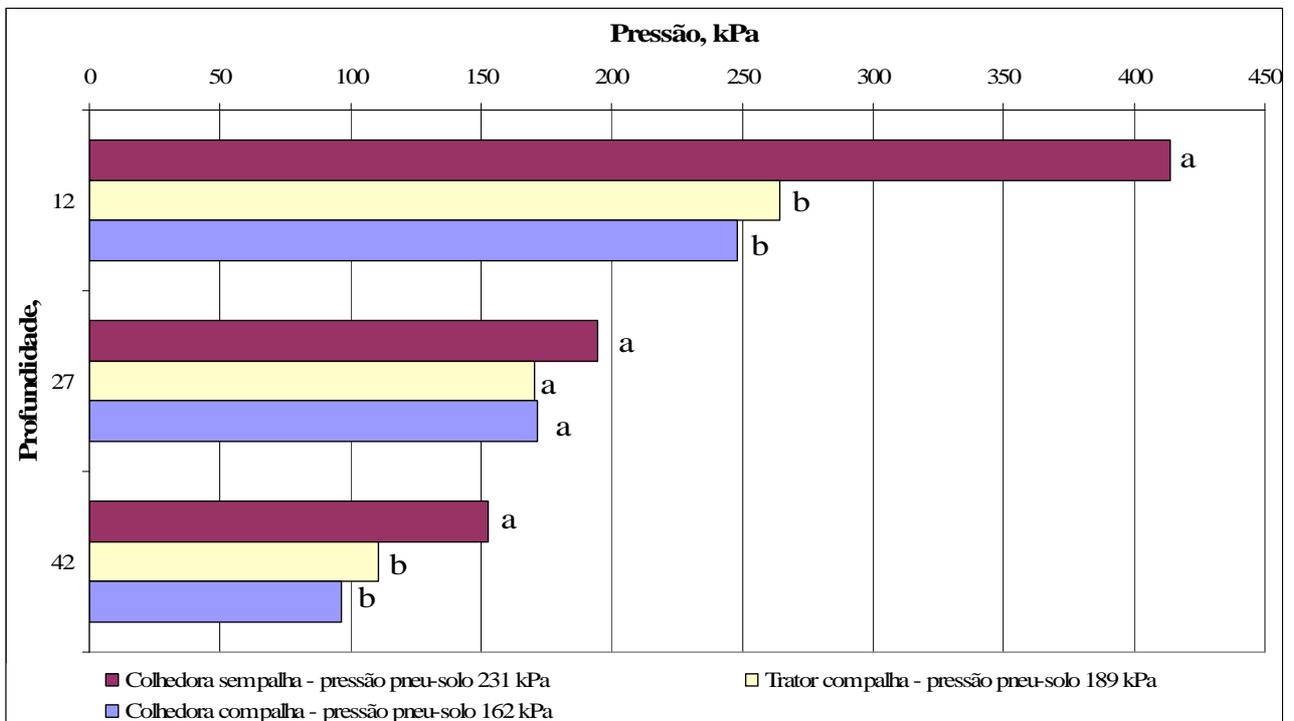


Figura 5: Tensão efetiva medida nas profundidades de 12, 27 e 42 cm, com e sem palha na superfície do solo, com tráfego da colhedora com pressão do pneu 152 kPa e tráfego do trator com palha com pressão do pneu de 152 kPa. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de DMS a 5% de probabilidade.

