

## **Efeito do tráfego na compressibilidade de um Argissolo abaixo da camada escarificada**

Vogelmann E. S.<sup>(1)</sup>; Rosa D. P. da<sup>(2)</sup>; Reichert J. M.<sup>(3)</sup>; Reinert D. J.<sup>(3)</sup>; Mentges M. I.<sup>(4)</sup>;  
Vieira D. A.<sup>(4)</sup> & Barros C. A. P de<sup>(4)</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), e-mail: [eduardovogelmann@hotmail.com](mailto:eduardovogelmann@hotmail.com) (apresentador); <sup>2</sup> UFSM, [david.dpr@gmail.com](mailto:david.dpr@gmail.com); <sup>3</sup> UFSM, [jmreichert@googlemail.com](mailto:jmreichert@googlemail.com),  
<sup>4</sup> UFSM, [marcelomentges@gmail.com](mailto:marcelomentges@gmail.com), [agronomo.davi@gmail.com](mailto:agronomo.davi@gmail.com), [dinhaufsm@gmail.com](mailto:dinhaufsm@gmail.com).

### **Introdução**

O tráfego de máquinas agrícolas é considerado a principal causa da compactação do solo, que foi intensificada pela modernização da agricultura brasileira, expresso pelo aumento do peso das máquinas e equipamentos e da intensidade de uso do solo (Richart et al., 2005). Essa compactação também é agravada pelo não revolvimento do solo, pressão inadequada de inflação dos pneus agrícolas e umidade inadequada quando na realização das práticas de agrícolas, sendo potencializada quando essa se encontra acima do ponto de friabilidade (Secco, 2004).

O termo compactação do solo refere-se ao processo de decréscimo de volume do solo não saturado quando uma determinada pressão externa é aplicada, podendo essa ser causada pelo tráfego de máquinas agrícolas ou animais (Lima, 2004). Um dos resultados é o aumento da densidade, também visualizado pela formação de camadas compactadas, podendo ocorrer tanto em superfície como em subsuperfície. Nesse sentido, em solo de textura franco arenosa sob sistema de semeadura direta, Streck et al. (2003) verificaram maior estado de compactação próximo aos 0,10m de profundidade.

A escarificação é mais eficiente no aumento da macroporosidade na camada superficial do solo, decrescendo com o aumento do tempo decorrido da realização da escarificação, sendo que sua duração nas propriedades físicas do solo e na demanda de tração compreendida de três a quatro anos (Rosa et al., 2008).

Este trabalho objetivou avaliar a influência do tráfego de máquinas e há presença de compactação abaixo da profundidade de trabalho do escarificador via parâmetros compressivos de um Argissolo Vermelho-Amarelo.

### **Materiais e Métodos**

O estudo foi realizado no ano agrícola de 2007 em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (EMBRAPA, 2006), localizado na área experimental do departamento de solos, na Universidade

Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria (RS). A área encontrava-se cultivada com aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb).

A área está situada a aproximadamente 95 m de altitude, sendo o clima da região enquadrado segundo classificação de Köppen, na zona Cfa (Nimer, 1989), com médias anuais de temperatura de 19,3 °C e precipitação anual de 1561mm. O solo em estudo foi classificado, quanto à classe textural, em franco arenoso, com aproximadamente 60% de areia, 20 % de silte e 20 % de argila.

Os tratamentos no campo estão distribuídos em blocos ao acaso, possuindo quatro tipos de sistemas de manejo com três blocos. Os sistemas de manejo são: SD – semeadura direta, SDT – semeadura direta com tráfego, SDE – semeadura direta escarificado e SDTE – semeadura direta com tráfego escarificado.

Para simular o efeito do tráfego, utilizou-se uma pá carregadora marca Case W18, com massa total de 7,736Mg, com a concha repleta de solo para aumentar a massa no eixo frontal do equipamento, garantindo uma distribuição uniforme da massa total de 10Mg (peso de um trator com mais de 160cv). A pá carregadora estava com pneus Firestone 14-24, com 0,33m de largura e 1,05m de diâmetro, nos quais as garradeiras encontravam-se desgastadas pelo uso, evitando assim o cisalhamento superficial. A velocidade de deslocamento foi de 2km h<sup>-1</sup> sendo que o tráfego da parcela foi realizado de tal forma que os pneus comprimissem áreas paralelas entre si, com tráfego sobreposto ao anterior para que toda área fosse igualmente compactada. A pressão de inflação foi de 275,79kPa, gerando uma pressão de contato pneu/solo de 315,20kPa. A escarificação foi realizada a 0,22m de profundidade, com escarificador de 4 hastes espaçadas 0,40m entre si. No momento da compactação, a área encontrava-se com 1,43 t ha<sup>-1</sup> de azevém.

Amostras com estrutura preservada foram coletadas nas camadas de 0,20-0,30m e 0,30-0,40m que se situavam abaixo da linha de atuação do escarificador. Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas quanto ao potencial matricial em câmara de pressão de Richards, com sucção de 33kPa e, em seguida, submetidas ao ensaio de compressão uniaxial, seguindo a NBR-12007/90 (ABNT, 1990), com algumas alterações. Aplicaram-se cargas estáticas de 12,5; 25; 50; 100; 200; 400; 800 e 1600kPa, por um período de cinco minutos, período suficiente para atingir 99% da deformação máxima (Silva et al., 2000).

Após esse ensaio, as amostras foram encaminhadas para secagem em estufa de 105°C, por 24 horas. A partir da massa seca e do volume do solo em cada aplicação de carga, foi determinada a densidade. Com base nesses valores, foi feita a curva de compressão uniaxial que consistiu na relação entre o logaritmo da pressão aplicada (abscissa) e a Ds (ordenada). Para a determinação da tensão de pré-consolidação ( $\sigma_p$ ), coeficiente de compressibilidade (Cc), densidade do solo e índice de vazios, utilizou-se o software Compress (Reinert et. al, 2003), optando-se pelo método de Casagrande (Holtz & Kovacs, 1981), com ajuste semi-manual (Método 2).

A análise estatística constou de análise da variância e comparação de médias pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

O efeito do tráfego é notável na camada de 0,20-0,30m, expresso pelo aumento da densidade do solo ( $D_s$ ) nos tratamentos trafegados (Tabela 1). Lima (2004) encontrou o mesmo efeito em Argissolo Vermelho, nos tratamentos que receberam compactação adicional. Concomitante a este aumento, Rosa (2007), Secco et al. (2004), Collares et al. (2005) e Silva, et al. (2002). Observaram compactação em solos de textura arenosa.

**Tabela 1.** Densidade do solo ( $D_s$ ), índice de vazios (IV), tensão de pré-consolidação ( $\sigma_p$ ) e coeficiente de compressibilidade nos tratamentos e camadas em estudo.

Tratamentos*	Camada (m)	IV	$D_s$ ( $Mg\ m^{-3}$ )	$\sigma_p$ (kPa)	Cc
SD	0,20-0,30	0,65 a**	1,55 b	118,94 a	0,21 a
SDE		0,66 a	1,55 b	113,15 a	0,22 a
SDT		0,55 b	1,62 a	105,62 a	0,13 c
SDET		0,56 b	1,63 a	106,7 a	0,17 b
CV (%)		10,32	4,11	24,15	23,30
SD	0,30-0,40	0,69 a	1,51 c	104,94 a	0,24 a
SDE		0,66 ab	1,54 bc	87,30 b	0,20 bc
SDT		0,59 c	1,61 a	83,32 b	0,16 c
SDET		0,63 bc	1,57 ab	91,49 b	0,23 ab
CV (%)		9,79	3,76	17,23	9,28

\* SD - semeadura direta; SDE - semeadura direta escarificado; SDT - semeadura direta com tráfego; SDET - semeadura direta escarificado com tráfego; CV - coeficiente de variação.

\*\* Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

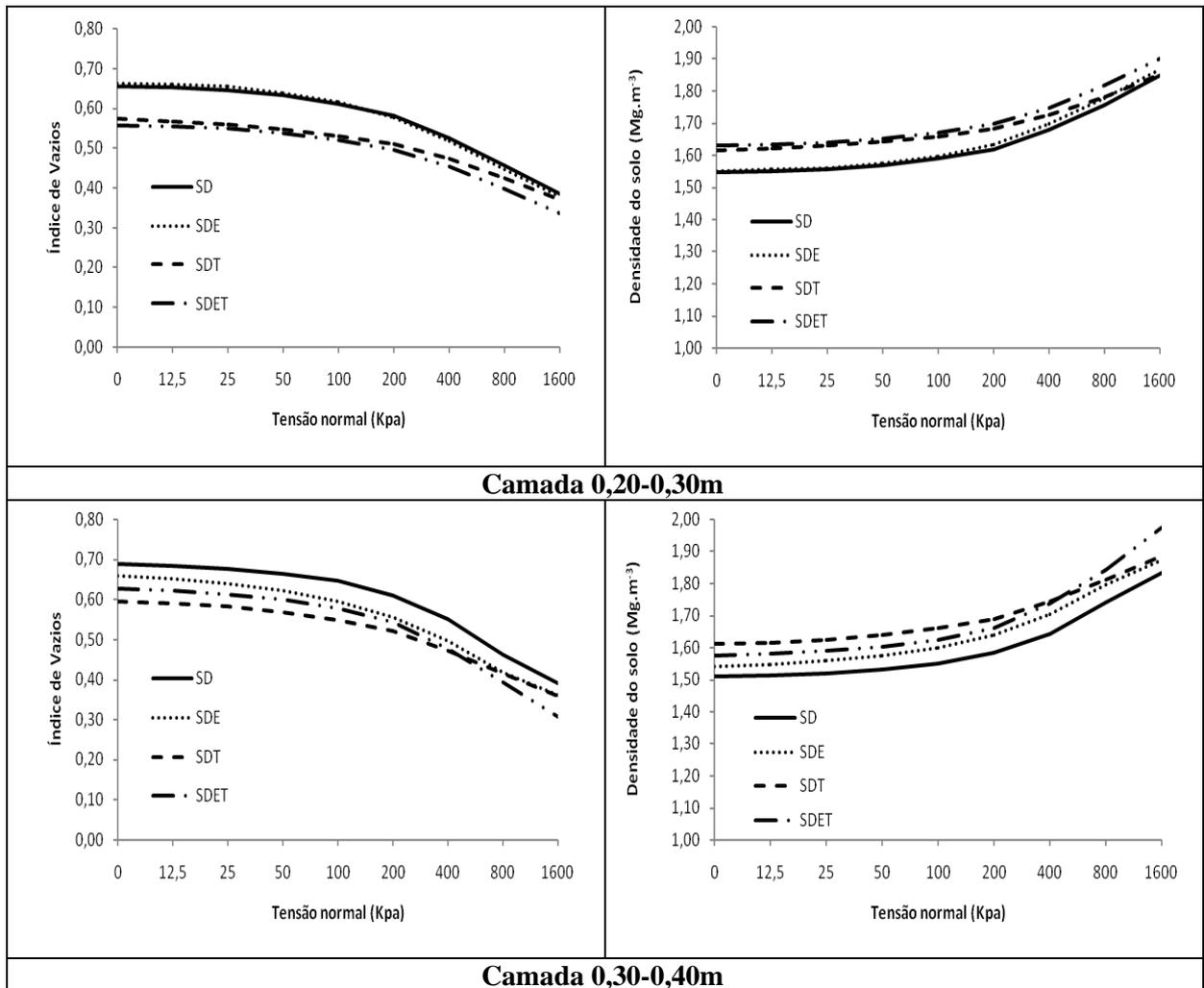
Analisando os tratamentos submetidos ao tráfego de máquinas via os dados compressivos, observa-se que o tráfego diferencia entre os tratamentos, onde os tratamentos sob sua ação (SDET e SD) apresentaram menor Cc, que levaria a inferir em baixa suscetibilidade à compactação; porém, se atentarmos aos dados de índice de vazios, verifica-se que são menores, corroborando para presença de compactação.

O efeito da escarificação pode ser evidenciado também abaixo da profundidade de trabalho, pelos baixos índices de compressão e maiores de vazios. Tal comportamento foi encontrado por Rosa et al. (2008) que encontraram efeitos positivos da ponteira escarificadora em camadas superiores à trabalhada, como redução da resistência à penetração e densidade do solo.

Nas curvas de compressão, observa-se que os tratamentos sem ação do tráfego apresentam comportamentos similares com as maiores inclinações (Figura 1), apresentando as maiores densidades ao longo das cargas aplicadas.

Os menores coeficientes de compressão do solo são apresentados pelos solos sob ação do tráfego. Tal fato pode atribuir-lhes uma vantagem de menor suscetibilidade à compactação. Porém

conforme observado por Silva & Cabeda (2006), solo com um grau de compactação elevado, apresenta maior resistência à compressão, mas essa condição não é favorável ao desenvolvimento das plantas.



**Figura 1.** Evolução da densidade do solo e índice de vazios nas camadas de 0,20-0,30m e 0,30-0,40m. SD - semeadura direta; SDE - semeadura direta escarificado; SDT - semeadura direta com tráfego; SDET - semeadura direta escarificado com tráfego.

Segundo Larson e Gupta (1980), com a aplicação de pressões acima da pressão de pré-consolidação do solo, promove-se alterações na estrutura do solo, acarretando na elevação da densidade e redução da porosidade. Isso pode ser compreendido pela aproximação ou até rompimento dos agregados e o solo apresenta uma estrutura mais compacta à medida que aumentam as pressões aplicadas.

Embora visualmente os tratamentos apresentassem curvas de compressão diferentes, a tensão de pré-consolidação não diferiu entre os tratamentos, o que pode ser atribuído a variação deste parâmetro no solo.

Na camada 0,30-0,40m, verifica-se que a sementeira direta e cultivo mínimo continuaram a apresentar os maiores IV e menores DS, porém não diferiram do tratamento que foi submetido ao tráfego e escarificado. O solo sob sementeira direta com tráfego apresentou o menor IV e maior DS diferindo dos demais tratamentos. Aliado a isso observamos que o solo sob sementeira direta apresentou a menor inclinação da curva. Tal fato demonstra que, além do efeito do tráfego acumulado que confere uma estrutura massiva ao solo, a compactação adicional elevou esta resistência até 0,40m, sendo que o coeficiente de compressão deste tratamento foi baixo, corroborando para esta constatação. Os tratamentos escarificados apresentaram comportamento similar à sementeira direta, com as maiores inclinações da curva, demonstrando que a maior resistência ao efeito do com tráfego no solo.

O tratamento SDET foi semelhante ao SD, apresentando um elevado valor do Cc. Porém considerando que o Cc seja a facilidade com que um determinado solo aumenta de DS quando submetido a um aumento de pressão aplicada, menores níveis de compactação condicionarão maior susceptibilidade do solo à degradação estrutural nesses sistemas. Altos valores de Cc sugerem um bom arranjo estrutural ou a ocorrência do processo de compactação no solo sendo esta desfavorável ao crescimento das plantas. Segundo Foloni et al. (2003), o impedimento físico em subsuperfície altera a distribuição do sistema radicular, causa redução do crescimento aéreo das plantas e pode impedir que o sistema radicular ultrapasse a camada compactada e desenvolva-se em profundidade.

## **Conclusão**

O tráfego aumenta a densidade do solo e reduz o índice de vazios até 0,30m.

A escarificação não afeta a tensão de pré-consolidação e índice de compressão do solo na camada abaixo da linha de atuação da ponteira.

## **Literatura citada**

- ABNT. NBR 12007: Ensaio de adensamento unidimensional. Rio de Janeiro, 13p. 1990.
- COLLARES, G.L. Compactação em Latossolos e Argissolo em relação com parâmetros de solo e de plantas. 2005. 106f. (Tese Doutorado em Ciência do Solo) – Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria.
- DIAS Jr.,M.S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 20:175-182, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 2ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa Solos, 2006. 306p.
- HOLTZ, R.D.; KOVACS, W.D. An introduction to geotechnical engineering. New Jersey: Prentice-Hall, 1981.733 p.

- LARSON, W.E.; GUPTA, S. C. Estimating critical stress in unsaturated soils from changes in pore water pressure during confined compression. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.44, n.6, p.1127-1132, 1980.
- LIMA, C.L.R. Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada. 2004. 70p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 442p.
- REINERT, D.J.; ROBAINA, A. D.; REICHERT, J.M. COMPRESS – Software e proposta de modelo para descrever a compressibilidade dos solos e seus parâmetros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003. Anais. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2003. CD-ROM.
- RICHART, A.; FILHO, J.T.; BRITO, O.R.; LLANILLO, R.F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. *Ciências Agrárias*, v. 26, p. 321-344, 2005.
- ROSA, D. P. Comportamento dinâmico e mecânico do solo sob níveis diferenciados de escarificação e compactação. 2007. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- ROSA, D.P.; REICHERT, J.M.; SATTLER, A.; REINERT, D.J.; MENTGES, M.I.; VIEIRA, D.A. Relação entre solo e haste sulcadora de semeadora em Latossolo escarificado em diferentes épocas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43:395-400, 2008.
- SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; DA ROS, C.O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 797-804, 2004.
- SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V., Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:921-930, 2006.
- SILVA, V.R. et al. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho Escuro e de um Podzólico Vermelho Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, n.2, p.239-249, 2000.
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SOARES, J.M. Fatores controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico arênico e de um Latossolo Vermelho distrófico típico. I - Estado inicial de compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:1-8, 2002.
- STRECK, C.A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J.M.; KAISER D. R., Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.3, p.755-760, 2003.