

Resistência Mecânica do Solo à Penetração e Crescimento Radicular do Milho em um Argissolo Submetido a Diferentes Manejos e Níveis de Compactação

**Maurício Kunz⁽¹⁾; Douglas Rodrigo Kaiser⁽²⁾; Jackson Adriano Albuquerque⁽³⁾;
Miriam Fernanda Rodrigues⁽⁴⁾; Neiva Somavilla Gelain⁽⁴⁾;
Dalvan José Reinert⁽⁵⁾ & José Miguel Reichert⁽⁵⁾**

(1) Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS), Bolsista CAPES, UFSM, Santa Maria, RS, CEP 97105-900, mauriciokunz@gmail.com (apresentador do trabalho); (2) Doutorando do PPGCS, Bolsista CNPq, UFSM. E-mail: kaiser@mail.ufsm.br. (3) Professor Adjunto, Bolsista CNPq, Depto Solos e Recursos Naturais, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Av Luis de Camões, 2090, Lages, SC, CEP 88520-000 jackson@cav.udesc.br; (4) Aluna de Graduação em Engenharia Florestal. Bolsista CNPq, UFSM, miriamf_rodrigues@yahoo.com.br; neivaengenheira@gmail.com; (5) Professor titular do Departamento de Solos, UFSM, E-mail: dalvan@ccr.ufsm.br, reicher@smail.ufsm.br.

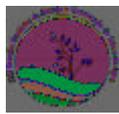
RESUMO: A compactação e a mobilização são fatores que alteram a estrutura do solo, modificando o seu comportamento hídrico e mecânico. Neste trabalho avaliou-se o efeito de sistemas de manejo e níveis de compactação na densidade do solo (D_s), umidade volumétrica (U_v), resistência do solo à penetração (RP) e no crescimento radicular do milho. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram: plantio direto (PD); plantio direto com tráfego adicional (PDC); escarificação (Esc), subsolagem (Sub) e preparo convencional (PC). O PC e a Sub reduziram a D_s até os 0,30 m de profundidade. A umidade do solo se manteve mais alta no PDC e o PC e Sub retiveram menos água até os 0,30 m, em relação ao PD. No PDC, a RP ficou acima de 2 MPa quando a U_v esteve abaixo de $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, e no PD, Esc e Sub valores críticos de RP foram observados com U_v abaixo de $0,22 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. No PC, mesmo com U_v abaixo de $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, a RP ficou abaixo da crítica, na camada de 0 a 0,20 m, onde a D_s foi menor. Quando a U_v esteve acima de $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, todos os tratamentos mantiveram a RP abaixo de 2 MPa. No PDC, a compactação restringiu o crescimento radicular, e as raízes concentraram-se até os 0,20 m. Nos demais tratamentos, o sistema radicular do milho se distribuiu uniformemente.

Palavras-chave: Compactação do solo, preparo do solo, distribuição radicular.

INTRODUÇÃO

A compactação e a mobilização são fatores que modificam a estrutura do solo, alterando a sua densidade e a proporção de poros e, assim, o comportamento hídrico e mecânico do solo é modificado. Um solo fisicamente ideal para as plantas deve apresentar boa aeração, capacidade de reter água na faixa disponível e baixa resistência à penetração de raízes. Em condições de solo altamente compactado, o sistema radicular se concentra na superfície do solo (Collares et al., 2006), limitando o acesso à água e nutrientes. A resistência do solo é determinada pela coesão e atrito entre as partículas que o compõem. A resistência do solo à penetração é variável com a densidade do solo e com a umidade do solo. A densidade é uma propriedade condicionada pelo manejo do solo e normalmente pouco variável durante o ciclo de uma cultura. No entanto, a umidade do solo é dependente da capacidade do solo em reter água e da distribuição da precipitação no tempo e, portanto, sujeita a grandes flutuações durante o ciclo das culturas. Nessas condições, cada sistema de manejo pode condicionar limitações de resistência ao crescimento radicular em diferentes períodos.

Atualmente, as alterações climáticas que estão ocorrendo em nível local e mundial têm causado grandes variações na distribuição da precipitação, o que tem acarretado quedas na produção de grãos. Assim, quando não se dispõe de irrigação, o manejo



dado ao solo é fundamental para melhorar a entrada, o armazenamento e a disponibilidade de água no solo. Para as plantas poderem explorar maior volume de solo, a sua resistência ao crescimento das raízes deve ser baixa.

O sistema plantio direto, no qual a semeadura é realizada em solo coberto por palha e, portanto, com o mínimo de revolvimento da camada superficial do solo, tende a minimizar a formação de camadas compactadas no solo; apesar disso, a utilização continuada do plantio direto pode resultar em aumento da densidade do solo (Secco et al., 2004). Há grande preocupação com o aumento das áreas agrícolas com a compactação do solo, o que se deve em grande parte às operações mecanizadas realizadas sem considerar a unidade ideal do solo (Vieira et al., 2007).

A busca de soluções em curto prazo tem levado muitos agricultores a revolverem o solo, no entanto, ainda faltam informações sobre o seu efeito nas propriedades físicas do solo e na resposta das culturas agrícolas. Este trabalho objetivou avaliar a densidade do solo, a umidade e a resistência do solo à penetração e seus efeitos sobre a distribuição do sistema radicular do milho, em diferentes sistemas de manejo e níveis de compactação do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental do Departamento de Solos da UFSM, em Santa Maria-RS. O clima da região, segundo a classificação de Köepen, é subtropical úmido, tipo "Cfa". O solo do local é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico (Embrapa, 1999) (Typic Hapludalf), cuja análise granulométrica indicou valores médios de 106 g kg⁻¹ de argila, 240 g kg⁻¹ de silte e 654 g kg⁻¹ de areia (classe textural franco arenosa) até a profundidade de 0,3 m.

A área do experimento vinha sendo cultivada no sistema de semeadura direta desde 2004. O experimento consistiu de sistemas de manejos e níveis de compactação com os tratamentos: plantio direto (PD); plantio direto com tráfego adicional por 2 passadas sobrepostas de uma pá carregadeira de 8 toneladas (PDc); escarificação até 0,15 m de profundidade (Esc), subsolagem até 0,35 m de profundidade (Sub); e preparo convencional com lavração até 0,35 m de profundidade e gradagem superficial (PC). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 4 repetições.

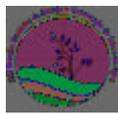
Para avaliar a densidade do solo coletaram-se amostras com estrutura preservada, no início e no final do ciclo do milho, em anéis metálicos com 0,057 m de diâmetro e 0,04 m de altura, nas camadas de 0,0 a 0,05; 0,05 a 0,10; 0,10 a 0,15; 0,15 a 0,20; 0,20 a 0,30; 0,30 a 0,40 e 0,40 a 0,50 m de profundidade, na primeira avaliação. Na segunda avaliação as duas últimas camadas não foram amostradas, por ficarem fora da zona de efeito dos tratamentos. Na seqüência, as amostras foram secas em estufa a 105° C até peso constante para calcular a densidade do solo (Ds).

A resistência do solo à penetração foi determinada com um penetrômetro digital, com ponta cônica e ângulo de penetração de 30°, e armazenamento eletrônico dos dados (marca Remik CP 20 Ultrasonic Cone Penetrometer). Em cada parcela a resistência à penetração foi determinada a cada 0,015 m até a profundidade de 0,60 m, em seis pontos separados entre si a cada 0,20 m numa linha horizontal da superfície do solo, procurando-se, assim, obter melhor avaliação do efeito do manejo e da variabilidade do solo sobre a resistência. A resistência foi avaliada em 8 períodos, durante o ciclo do milho, sendo aqui apresentados os dados coletados aos 44, 71 e 114 dias após a semeadura (DAS).

A umidade volumétrica do solo foi monitorada com a técnica da Reflectometria no domínio do tempo (TDR-100 da Campbell Scientific) nas camadas de 0,0 a 0,05; 0,05 a 0,10; 0,10 a 0,20; 0,20 a 0,30; 0,30 a 0,40; 0,40 a 0,50 e 0,50 a 0,60 m, nas quais estavam instaladas de forma inclinada as sondas do TDR. Essas sondas possuem 2 hastes de aço inox de 6 mm de diâmetro e 0,21 m de comprimento, distanciadas em 0,04 m. A base foi confeccionada com resina epóxi, no laboratório de Física do Solo da UFSM.

Semeou-se milho, cultivar Pioneer 3069, no dia 07/11/2007, com espaçamento entre linhas de 0,45 metros, e seguindo as recomendações técnicas da cultura do milho para o Rio Grande do Sul.

Quando a cultura do milho estava na fase de enchimento de grãos (119 DAS), fez-se a avaliação da distribuição do sistema radicular nos diferentes tratamentos, pelo método do perfil descrito por (Böhm, 1979). Para isso, abriu-se um perfil perpendicular à linha de semeadura, com a parede vertical do perfil distante 0,05 m da planta de milho. Foram utilizadas varetas de metal para retirar uma camada de aproximadamente 0,03 m do perfil, expondo cuidadosamente as raízes. Após a



exposição dessas, foi utilizado um retângulo de 0,95 m x 0,5 m subdividido com fios de nylon, formando uma malha de 0,05 x 0,05 m. Esse retângulo foi posicionado no perfil para fotografar e desenhar a distribuição radicular do milho.

Procedeu-se a análise de variância e comparação de médias utilizando-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidade (SAS, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tráfego adicional sobre o solo no plantio direto (PDc) alterou significativamente a Ds nas camadas superficiais (0 a 0,10 m) (Figura 1), indicando que a pressão exercida pelos pneus das máquinas alteram a estrutura do solo nesta camada. O PC e o Sub reduziram a Ds até 0,30 m de profundidade, enquanto o efeito da Esc foi mais superficial (0,05 m).

A umidade do solo foi mais alta, até os 0,30 m, no PDc no período avaliado (Figura 2). O PC e o Sub retiveram menos água até os 0,30 m, em relação ao PD. No PDc a RP ficou acima de 2 MPa, valor considerado crítico ao crescimento das raízes, quando a Uv esteve abaixo de $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. No PD, Esc e PC valores críticos de RP foram observados com Uv abaixo de $0,22 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. No Sub, mesmo com Uv abaixo de $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, a RP ficou abaixo da crítica, na camada de 0 a 0,20 m, onde a Ds foi menor. O Sub apresentou RP acima de 2 MPa apenas quando a Uv esteve abaixo de $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a partir da profundidade de 0,20 m, aos 71 DAS. Quando a Uv esteve acima de $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, todos os tratamentos tiveram a RP abaixo de 2 MPa. Dessa forma, a variação da umidade do solo é o principal fator que altera a RP ao longo do ciclo da cultura, sendo que, em condições de maior densidade, os valores críticos de RP são atingidos antes que solos menos compactados (Collares et al., 2006).

O crescimento e a distribuição das raízes foram afetados pela compactação do solo (Figura 3). No PDc o sistema radicular restringiu o crescimento radicular e as raízes concentraram-se até os 0,20 m. Nos demais tratamentos, o sistema radicular do milho se distribuiu uniformemente no perfil avaliado.

No PD, Esc, Sub e PC, o milho tem maior quantidade e melhor distribuição lateral das raízes do que no PDc. No PD as raízes concentraram-se na camada de 0 a 0,30 m, porém algumas ultrapassaram a camada compactada e desenvolveram-se em profundidades maiores (Figura 3). O preparo do solo

(PC, Esc e Sub), permitiu que as raízes atingissem maiores profundidades, de forma a explorar maior volume de solo, em busca de água e nutrientes (Figura 3).

CONCLUSÕES

A camada com maior resistência à penetração ocorreu entre 0,10 e 0,25m;

Comparado ao PD, a compactação do solo no PDc elevou a RP até a profundidade de 0,20 m, enquanto a mobilização do solo nos sistemas Esc, Sub e PC reduziu a compactação até a profundidade de 0,20 m. Nos sistemas mobilizados RP acima de 2 MPa foram registradas quando a umidade estava abaixo de 0,22, enquanto no PDc com umidade abaixo de $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Nos sistemas PD, Esc, Sub e PC o sistema radicular do milho se distribuiu uniformemente no perfil, enquanto no PDc houve concentração até a profundidade de 0,20 cm.

No PD, Esc e PC valores críticos de resistência à penetração foram observados com umidade abaixo de $0,22 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, enquanto no Sub foi quando a umidade estava abaixo de $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

REFERÊNCIAS

- BÖHM, W. 1979. Methods of studying root systems. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 190p.
- COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Qualidade física do solo na produtividade do feijoeiro num Argissolo. *Pesq. Agrop. Bras.* 41:1663-1674, 2006.
- 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. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:797-804, 2004.
- VIEIRA M.L.; KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 31: 1271-1280, 2007.

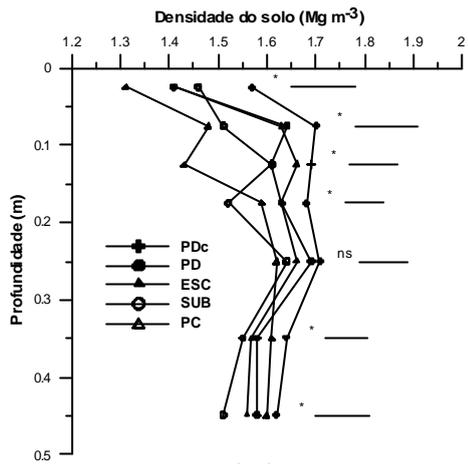
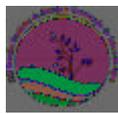


Figura 1. Densidade do solo em profundidade de um Argissolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. Barras horizontais comparam a Densidade em cada profundidade pelo teste de Tukey. * Significativo a 5 % de probabilidade.

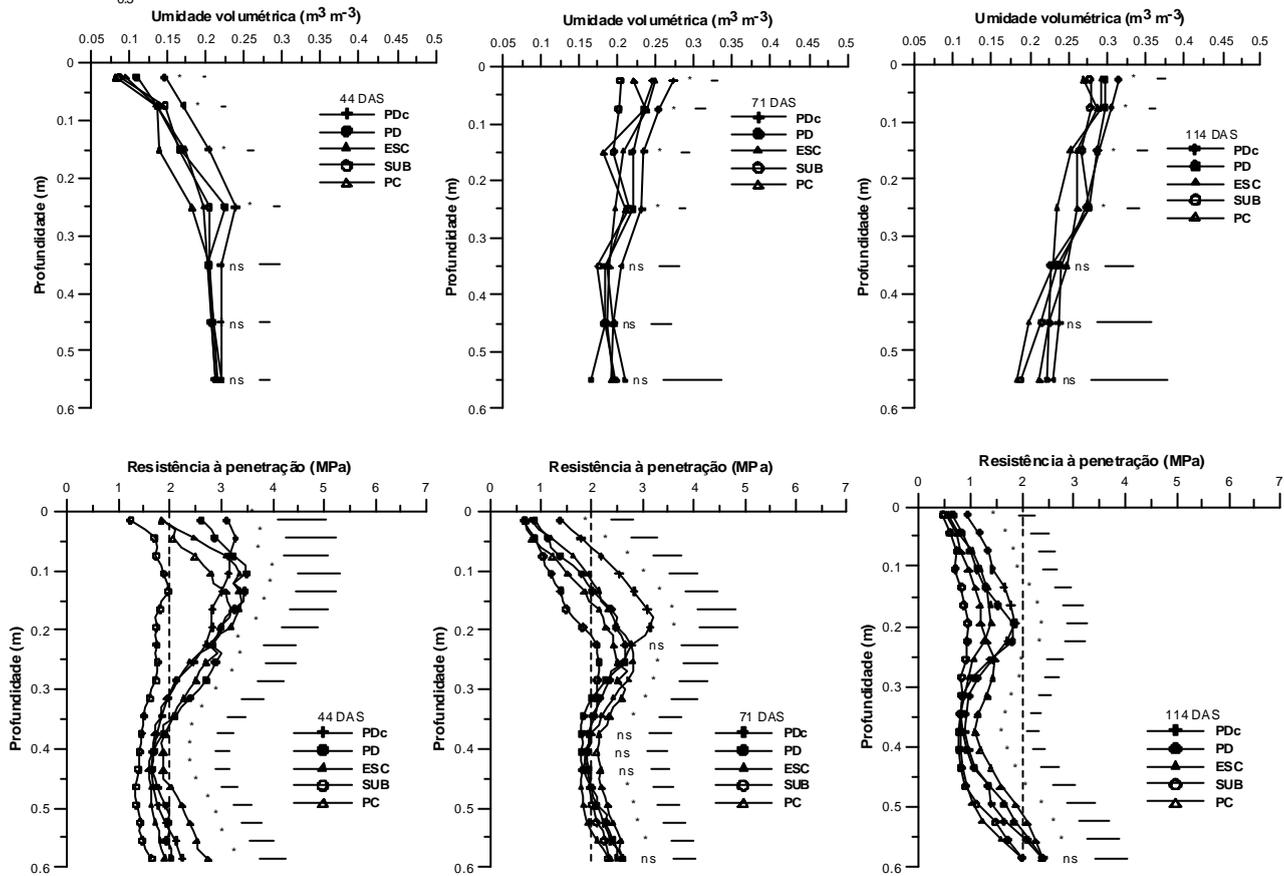


Figura 2. Umidade volumétrica e resistência à penetração aos 44, 71 e 114 DAS (dias após sementeira), nos diferentes sistemas de manejo. Linhas horizontais indicam a diferença mínima significativa a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey e comparam médias dos tratamentos em cada profundidade. * = significativo e ns= não significativo. PDC = plantio direto compactado; PD = plantio direto; Esc = escarificado; Sub = subsolado e PC = preparo convencional.



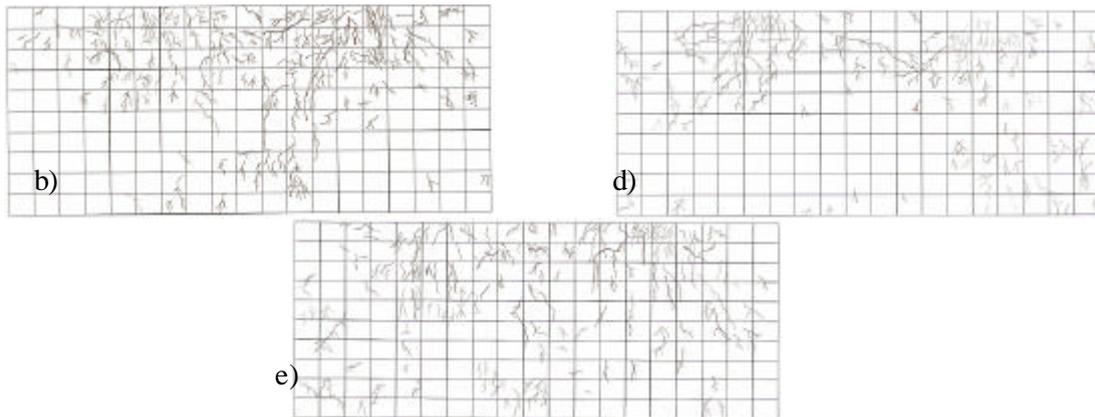
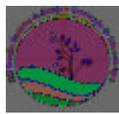


Figura 3 - Distribuição radicular da cultura do milho no perfil cultural (0,95 x 0,5 m). Plantio Direto compactado (a), Plantio Direto (b), Escarificado (c), Subsulado (d) e Preparo Convencional (e). Dimensão da quadrícula: 0,05 x 0,05 m.