



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

PERMEABILIDADE DO SOLO INFLUENCIADA PELOS DIFERENTES TAMANHOS DE POROS EM ARGISSOLO SOB CAMPO NATIVO E EUCALIPTO

Juliana Prevedello⁽¹⁾; Douglas Rodrigo Kaiser⁽²⁾; Eduardo Saldanha Vogelmann⁽³⁾; Eracilda Fontanela⁽³⁾; Dalvan José Reinert⁽⁴⁾; José Miguel Reichert⁽⁴⁾; Mayra de Souza Dettmer⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de Pós-Graduação; Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima, 1000, Santa Maria, RS, CEP: 97105-900. E-mail: juliprevedello@gmail.com. ⁽²⁾ Professor; Departamento Engenharia Hidrica, UFPEL. ⁽³⁾ Estudante de Pós-Graduação; Departamento de Solos, UFSM. ⁽⁴⁾ Professor; Departamento de Solos, UFSM. ⁽⁵⁾ Estudante de Graduação, Departamento de Solos, UFSM.

Resumo – A retenção e a condução de água no solo são favorecidas por um sistema poroso estável e bem distribuídas no perfil. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a correlação e a influência dos diferentes diâmetros de poros na permeabilidade ao ar e na condutividade hidráulica do solo saturado em um Argissolo Vermelho-Amarelo. O experimento foi conduzido na Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias – FEPAGRO Florestas em Santa Maria, RS. Coletaram-se amostras deformadas e indeformadas em diferentes camadas de solo para a caracterização física e a distribuição dos tamanhos de poros. Os resultados indicaram que a substituição do campo nativo pelo cultivo do eucalipto não alterou a densidade do solo. A menor densidade do solo, maior porosidade total, maior condutividade hidráulica do solo saturado e permeabilidade do solo ao ar ocorreram na camada superficial. A distribuição do diâmetro de poros explicou a variação da condutividade hidráulica do solo saturado e a permeabilidade do solo ao ar.

Palavras-Chave: condutividade hidráulica do solo saturado; permeabilidade; correlação; estrutura.

INTRODUÇÃO

Quando o solo é cultivado inadequadamente, a pressão exercida pelos rodados das máquinas agrícolas ou florestais na superfície do solo provoca um rearranjo das partículas sólidas, aproximando-as, provocando aumento da densidade, com conseqüente redução do espaço poroso. Esse impacto na estrutura do solo provoca alterações no volume e na distribuição do tamanho dos poros do solo, afetando parâmetros físicos responsáveis pelo desenvolvimento das plantas, tais como a capacidade de enraizamento e diminuição da difusão de gases no solo (Klein, 2008).

A porosidade do solo interfere na aeração, na condução e retenção de água, na resistência à penetração radicular das plantas e no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis (Tognon, 1991). Porém, mais importante que conhecer a porosidade total é conhecer a distribuição do tamanho dos poros, pois ela condiciona o comportamento físico-hídrico e,

conseqüentemente, influencia na potencialidade dos solos agrícolas e florestais (Ribeiro et al., 2007).

A retenção e a condução de água no solo são favorecidas por um sistema poroso estável e bem distribuídas no perfil. Os poros maiores são responsáveis pela aeração do solo e pela condução de água em condições saturadas, enquanto que os poros menores atuam na retenção e condução de água em condições não saturadas. A redução da proporção de poros maiores pode restringir o fluxo saturado de água (Ribeiro et al., 2007) e comprometer a entrada e redistribuição de água no perfil do solo. Além disso, Reichardt e Timm (2004) salientam que o fluxo de ar e de água no solo depende também das propriedades dos fluidos, como viscosidade e densidade, além da macroporosidade do solo, que, por sua vez, é função da textura e da estrutura e estas são influenciadas pela distribuição, forma e tortuosidade dos poros e da porosidade total.

Carvalho (2002) descreve que o tipo de solo e suas características morfoestruturais, por exemplo, o grau de estruturação e a qualidade e estabilidade dos agregados, são os principais responsáveis pelas diferenças que ocorrem nos valores dos parâmetros físicos como a densidade, distribuição do tamanho de poros, retenção de água e condutividade hidráulica.

O presente trabalho teve como objetivo verificar a correlação e a influência dos diferentes diâmetros de poros na permeabilidade do solo ao ar e na condutividade hidráulica saturada em um Argissolo Vermelho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias – FEPAGRO Florestas, no município de Santa Maria, RS. O solo foi classificado, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (Embrapa, 2006), como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico. A análise granulométrica indicou valores médios de 165,5 g kg⁻¹ de argila, 195,7 g kg⁻¹ de silte e 638,7 g kg⁻¹ de areia (classe textural franco-arenosa) até a profundidade de 0,40 m. O horizonte Bt inicia a 0,80 m de profundidade e apresenta 300 g kg⁻¹ de argila. O solo da área não apresenta horizonte E. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com três repetições. Os tratamentos avaliados foram diferentes usos do solo:

Eucalyptus grandis com 3 anos de idade (EG); campo nativo 1 próximo ao EG (CN1); *Eucalyptus saligna* com 5 anos de idade (ES) e campo nativo 2 próximo ao ES (CN2).

Para caracterizar o solo nos diferentes usos, amostras com estrutura preservada foram coletadas com cilindros metálicos de aproximadamente 0,057m de diâmetro e 0,04m de altura, nas camadas de 0,00 a 0,10; 0,10 a 0,20; 0,20 a 0,30; 0,30 a 0,50 m. No laboratório, as amostras foram saturadas, pesadas e submetidas às tensões de 10 kPa em coluna de areia (Reinert e Reichert, 2006), 33 e 100 kPa em Câmara de Richards. Após o equilíbrio em cada tensão, mediu-se o fluxo de ar nas amostras, utilizando-se um permeâmetro de carga constante. A metodologia e equipamento são adaptados de Vossbrink (2004). O ar é aplicado a pressão constante e baixa (0,1 kPa), a fim de evitar o fluxo turbulento. Após, as amostras foram novamente saturadas para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) em permeâmetro de carga variável, sendo a amostra submersa em água, conforme metodologia descrita por Gubiani et al. (2008). Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 105° C até peso constante para se obter a densidade do solo.

A distribuição de diâmetros de poros foi obtida a partir das curvas de retenção de água no solo, conforme Fernandes et al. (1983). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando o teste F foi significativo, fez-se a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A substituição do campo nativo pelo cultivo do eucalipto não provocou alteração na densidade do solo (Tabela 1), o que corrobora com Melloni et al. (2008), os quais verificaram que o eucalipto cultivado em solo de textura argilosa apresentou qualidade física e estrutural semelhante à área de vegetação natural de mata. A camada superficial (0,00 a 0,10 m) apresentou a menor densidade do solo, com valor de 1,38 g cm⁻³, diferindo significativamente das demais (Tabela 1). Também foi verificada maior porosidade total nesta camada, sendo essa composta predominantemente por microporos (menores que 50 µm) (Tabela 3). O maior acúmulo de resíduos, a maior agregação e a maior decomposição de raízes na superfície do solo resulta em melhoria da estrutura do solo.

Os valores de densidade encontrados, tanto para os diferentes tratamentos quanto para as camadas avaliadas, variaram de 1,33 a 1,65 g cm⁻³ e estão de acordo com Brady (1989), o qual considera como faixa adequada e não restritiva ao crescimento radicular das culturas em solos de textura arenosa a variação de 1,20 a 1,80 g cm⁻³. Reichert et al. (2009) também propôs a densidade de 1,75 g cm⁻³ como crítico para essa classe textural.

A camada superficial apresentou a maior condutividade hidráulica (Ksat) (Tabela 1), associada à maior porosidade total. As demais camadas apresentaram menor ksat, não diferindo significativamente entre si e apresentaram uma grande

parcela de microporos na composição da porosidade. Houve decréscimo acentuado da Ksat com o aumento da profundidade, a qual pode estar relacionada com a mudança textural do solo, ou seja, aumento dos teores de argila. Dechen & Viera (1997) relatam que essa tendência também pode ser atribuída à estratificação dos horizontes, diminuição do teor de matéria orgânica e alterações da estrutura do solo.

Tabela 3 – Significância dos coeficientes de correlação de Pearson entre a permeabilidade ao ar (ka) em diferentes potenciais matriciais, a condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) com as diferentes classes de diâmetros de poros do solo.

	Ksat	Diâmetro de poros (µm)			
		> 300	300 a 50	50 a 9	< 9
Ka_{ψ -6 kPa}	ns	****	ns	ns	ns
Ka_{ψ -10 kPa}	ns	****	*	ns	ns
Ka_{ψ -33 kPa}	*	****	*	ns	ns
Ka_{ψ -100 kPa}	***	***	**	*	ns
Ksat	1	***	****	****	*

***Significativo a 0,0001; ** significativo a 0,01; * significativo a 0,05; ns = não significativo.

Os diferentes usos do solo não apresentaram diferença estatística nos valores de permeabilidade ao ar (Ka) em todos os potenciais aplicados. Com a drenagem da água devido à aplicação sucessiva de potenciais matriciais (Ψm) menores (mais negativos), observou-se aumento dos valores de Ka, ocorrendo maior variação no intervalo entre as tensões de -10 e -33 kPa. Isso se deve à drenagem da água contida principalmente nos macroporos, que passam a ser um importante canal condutor de ar (Tabela 4). Os macroporos são responsáveis pela drenagem e aeração (Brady, 1979) e perdem água em tensões menores que -6 kPa. Os poros de grandes diâmetros (> 300µm) apresentaram correlação com a Ka e Ksat, as quais representam a habilidade do solo em transmitir ar e água, respectivamente. Essas propriedades são dependentes e relacionados com a quantidade, continuidade e distribuição do tamanho dos poros. Assim, solos de textura arenosa e siltosa possuem, geralmente, maior densidade e menor porosidade total (HILLEL, 1982), porém a relação de macroporos é maior, consequentemente, sua condutividade hidráulica será maior.

A Ka nos potenciais matriciais -33 e -100 kPa apresentou correlação significativa com a Ksat e com os poros de grandes diâmetros (> 50 µm), ou seja, com o aumento das tensões aplicadas ao solo, os poros de maior diâmetro vão sendo esvaziados e, consequentemente, a Ksat e a Ka aumentam. Ribeiro et al. (2007) relatam que a diferenciação da porosidade total de acordo com o tamanho dos poros do solo é essencial para entender o comportamento das propriedades físico-hídricas, fundamentalmente a permeabilidade do solo, a infiltração e redistribuição, a capacidade de retenção e a extensão na qual a zona radicular é suprida com ar e água.

CONCLUSÕES

1. A substituição do campo nativo pelo cultivo do eucalipto não alterou a densidade do solo.

2. A menor densidade do solo e as maiores porosidade total, condutividade hidráulica do solo saturado e permeabilidade do solo ao ar ocorreram na camada superficial.

3. A distribuição do diâmetro de poros explicou a variação da condutividade hidráulica do solo saturado e a permeabilidade do solo ao ar.

REFERÊNCIAS

- BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. 7.ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1989. 878p.
- CARVALHO, J. R. P. et al. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesq. Agrop. Bras.*, 37: 1151-1159, 2002.
- DECHEN, S.C.F.; VIEIRA, S.R. Impacto da erosão induzida pela remoção da camada superficial, em atributos físicos e químicos do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 26., 1997. Anais. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 2ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa Solos. 2006. 306p.
- FERNANDES, B.; GALLOWAY, H. M.; BRONSON, R. D. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). *R. Bras. Ci. Solo*, 7:329-333, 1983.
- GUBIANI, P.I.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; GELAIN, N.S. Ksat 2008 - programa computacional auxiliar na determinação da condutividade hidráulica do solo saturado pelo método do permeâmetro de carga decrescente. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17., 2008. Anais. Rio de Janeiro: SBCS, 2008. CD-ROM.
- HILLEL, D. Introduction to soil physics. New York, Academy Press Inc., 1982, 364 p.
- KLEIN, V.A.; VIEIRA, M.L.; DURIGON, F.F.; MASSING, J.P.; FÁVERO, F. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. *Ciência Rural*, 38: 365-371, 2008.
- MELLONI, R.; MELLONI, E.G.P.; ALVARENGA, M.I.N.A. e VIEIRA, F.B.M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2461-2470, 2008.
- REICHARDT, K. & TIMM, L.C. Solo planta e atmosfera – conceitos, processos e aplicações. Barueri-SP, Manole. 478p. 2004.
- REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R. & HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil & Tillage Research*, 102:242-254, 2009.
- REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo: protótipos e teste. *Ciência Rural*, 36:1930-1935, 2006.
- RIBEIRO, K.D.; MENEZES, S.M.; MESQUITA, M.G.B.F. e SAMPAIO, F.M.T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de seis classes de solos da região de Lavras-MG. *Ciênc. Agrotec.* 31: 1167-1175, 2007.
- TOGNON, A.A. Propriedades físico-hídricas do Latossolo Roxo da região de Guaíra-SP sob diferentes sistemas de cultivo. Piracicaba, 1991. 85p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas) - ESALQ/USP, 1991.
- VOSSBRINK, J. 2004. Bodenspannungen und Deformationen in Waldböden durchErnteverfahren. Schriftenreihe (Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde) - Christian Albrechts Universität Kiel, Kiel.

Tabela 1 – Densidade e condutividade hidráulica do solo saturado nos diferentes usos e camadas.

Camada (m)	Usos do solo				Média
	CN1	EG	CN2	ES	
	Densidade do solo (g cm⁻³)				
0,00-0,10	1,35	1,33	1,41	1,42	1,38b
0,10-0,20	1,50	1,56	1,57	1,55	1,55a
0,20-0,30	1,48	1,58	1,55	1,65	1,57a
0,30-0,50	1,56	1,61	1,58	1,53	1,57a
Média	1,47	1,52	1,53	1,54	
CV %	5,70				
	Condutividade hidráulica do solo saturado (mm h⁻¹)				
0,00-0,10	210,6	206,9	78	88,7	146,1a
0,10-0,20	51,6	78,8	63,4	182,2	94,0ab
0,20-0,30	86,1	33,8	15,7	55,7	47,8b
0,30-0,50	131,10	142,85	70,70	135,45	120,0a
Média	119,85a	115,59a	56,95b	115,51a	
CV %	86,70				

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV: coeficiente de variação; CN1: Campo Nativo próximo ao EG; EG: *Eucalyptus grandis*; CN2: Campo Nativo próximo ao ES; ES: *Eucalyptus saligna*.

Tabela 2 – Diâmetros de poros nos diferentes usos e camadas do solo.

Camada (m)	Cultivo do solo				Média
	CN1	EG	CN2	ES	
Classe de poros > 300 µm					
0,00-0,10	0,050	0,064	0,014	0,019	0,037a
0,10-0,20	0,030	0,037	0,011	0,009	0,022b
0,20-0,30	0,036	0,046	0,012	0,012	0,026b
0,30-0,50	0,036	0,022	0,016	0,011	0,020b
Média	0,037a	0,039a	0,012b	0,014b	
Classe de poros de 300 - 50 µm					
0,00-0,10	0,145	0,157	0,107	0,129	0,135a
0,10-0,20	0,109	0,088	0,093	0,116	0,101b
0,20-0,30	0,093	0,053	0,087	0,110	0,086b
0,30-0,50	0,072	0,056	0,080	0,097	0,082b
Média	0,097ab	0,083b	0,091ab	0,112a	
Classe de poros de 50 - 9 µm					
0,00-0,10	0,063	0,061	0,060	0,065	0,062a
0,10-0,20	0,053	0,050	0,051	0,055	0,052b
0,20-0,30	0,062	0,050	0,055	0,059	0,056b
0,30-0,50	0,052	0,059	0,055	0,054	0,055b
Média	0,056	0,056	0,055	0,058	
Classe de poros de > 9 µm					
0,00-0,10	0,226	0,174	0,265	0,223	0,222
0,10-0,20	0,214	0,231	0,242	0,200	0,222
0,20-0,30	0,218	0,222	0,238	0,195	0,218
0,30-0,50	0,229	0,211	0,214	0,188	0,211
Média	0,221ab	0,210ab	0,235a	0,201b	

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV: coeficiente de variação;

Tabela 4 - Valores de permeabilidade ao ar equilibrado em cinco diferentes tensões nas diferentes classes de diâmetros de poros do solo.

Camada (m)	Usos do Solo				Média
	CN1	EG	CN2	ES	
Ψ -10 kPa (µm²)					
0,00-0,10	3,27	3,14	1,97	3,29	2,92a
0,10-0,20	1,56	2,06	1,53	1,48	1,66b
0,20-0,30	2,69	1,94	1,54	2,39	2,14ab
0,30-0,50	1,83	2,07	1,26	1,51	1,87ab
Média	2,31	2,17	1,59	2,13	
CV (%)	49,8				
Ψ -33 kPa (µm²)					
0,00-0,10	4,27	4,04	2,40	3,68	3,60a
0,10-0,20	1,71	1,96	1,55	1,68	1,73b
0,20-0,30	3,20	1,94	1,73	2,50	2,34ab
0,30-0,50	2,02	1,79	1,29	1,74	1,89b
Média	2,60	2,28	1,73	2,40	
CV (%)	57,1				
Ψ -100 kPa (µm²)					
0,00-0,10	2,91	4,06	2,64	4,16	3,44a
0,10-0,20	1,90	1,92	1,77	1,72	1,83b
0,20-0,30	3,20	1,89	1,59	2,83	2,38ab
0,30-0,50	1,79	2,62	1,42	1,73	1,86b
Média	2,32	2,46	1,82	2,53	
CV (%)	54,3				

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV: coeficiente de variação; CN1: Campo Nativo próximo ao EG; EG: *Eucalyptus grandis*; CN2: Campo Nativo próximo ao ES; ES: *Eucalyptus saligna*.