

CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO SATURADO EM UM NITOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

MIGUEL B. MACHADO¹, CLAUDIA F.A. TEIXEIRA-GANDRA², RITA C.F. DAMÉ³, GISELE M. SILVA⁴, ROSIANE S. COUTO⁴

¹Acadêmico do Curso de Engenharia Agrícola, UFPel/Pelotas – RS.

²Eng^o. Agrícola, Prof^a. Adjunta, Centro de Engenharias, Curso de Engenharia Agrícola, UFPel/Pelotas – RS.

³Eng^o. Agrícola, Prof^a. Associada, Centro de Engenharias, Curso de Engenharia Agrícola, UFPel/Pelotas – RS.

⁴Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPel/Pelotas – RS.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: O movimento da água no solo é de fundamental importância para a resolução de problemas que envolvem irrigação, drenagem, armazenamento e transporte de água, controle da infiltração e escoamento superficial. Para o entendimento desses processos, as propriedades hidráulicas devem ser quantificadas e dentre essas, a condutividade hidráulica constitui uma das mais importantes para o estudo do fluxo de água em solo saturado. Assim, objetivou-se determinar a condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}), pelo método do permeâmetro de carga constante, em um Nitossolo Vermelho distrófico latossólico. O experimento foi instalado na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ/USP, em Piracicaba, onde foram coletadas três amostras indeformadas nas camadas de 0,00-0,40; 0,40-0,50; 0,50-0,60; 0,60-0,70; 0,70-0,80; 0,80-0,90; 0,90-1,00; 1,00-1,10; 1,10-1,20 e 1,20-1,30 m. A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que para a profundidade de 1,30 m, do solo Nitossolo Vermelho distrófico latossólico, os valores de K_{sat} permitiram classificar o solo como de permeabilidade média. Os maiores valores de K_{sat} ocorreram até a profundidade de 0,60 m, diminuindo a partir desta, devido, provavelmente a existência de uma camada de impedimento.

PALAVRAS-CHAVE: Movimento de Água no Solo, Atributos Físico-hídricos, Fluxo Saturado.

HYDRAULIC CONDUCTIVITY IN A SATURATED SOIL NITOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO LATOSSÓLICO (BRAZILIAN CLASSIFICATION SYSTEM)

ABSTRACT: Water movement in the soil is crucial for solving problems that involve irrigation, drainage, storage and transportation of water infiltration and control runoff. To understand these processes, the hydraulic properties should be quantified and among these, the hydraulic conductivity is one of the most important for the study of water flow in saturated soil. This study aimed to determine the soil saturated hydraulic conductivity (K_{sat}), by the method of constant head permeameter, in a Nitossolo Vermelho distrófico latossólico (Brazilian classification system). The experiment was conducted at the Escola de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ/USP, in Piracicaba, in which three undisturbed samples were collected in layers of 0.00-0.40, 0.40-0.50, 0.50-0.60, 0.60-0.70, 0.70-0.80, 0.80-0.90, 0.90-1.00, 1.00-1.10, 1.10-1.20 and 1.20-1.30 m. From the results it was possible to conclude that the depth of 1.30 m, the values of K_s allowed to classify the soil as medium

permeability. The largest values of Ksat occurred to a depth of 0.60 m, decreasing from this, probably due to existence of an obstacle layer.

KEYWORDS: Water Movement in Soil, Physical Attributes Water, Saturated Flow.

INTRODUÇÃO: A condutividade hidráulica do solo é um parâmetro que representa a facilidade com que o solo transmite água. O valor máximo de condutividade hidráulica é atingido quando o solo se encontra saturado, e é denominado de condutividade hidráulica saturada (Ksat) (REICHARDT, 1990). A Ksat é uma propriedade físico-hídrica importante para informar sobre a capacidade de transporte de água, solutos e substâncias químicas no solo, sendo um bom indicador de alterações físicas no solo (MESQUITA & MORAES, 2004). Dentre as variáveis que influenciam o fluxo de água no solo, Libardi (2000) destaca a forma das partículas, a superfície específica, a porosidade, a estrutura e a compactação, ou seja, é uma das propriedades do solo que melhor indica as diferenças estruturais nas camadas que constituem o perfil (CORSINI, 1974). De acordo com Mesquita & Moraes (2004), elevados valores de Ksat são encontrados onde ocorrem maiores valores de porosidade, refletindo a importância da continuidade dos macroporos para o fluxo de água na saturação. Sales et al. (1999), com o objetivo estimar a velocidade de infiltração básica a partir de outros atributos físicos do solo a ela associados, mas de mensuração mais fácil e de maior reprodutibilidade, encontraram valores de Ksat iguais a 41,30 mm h⁻¹, na camada de 0-20 cm, e de 15,16 mm h⁻¹ na camada de 60-80 cm em um Podzólico Vermelho-Amarelo. Os autores encontraram maiores valores de Ds na camada superficial, 1,40 g cm⁻³ (0-20 cm) e 1,35 g cm⁻³ (60-80 cm). Assim, objetivou-se determinar a condutividade hidráulica do solo saturado, pelo método do permeâmetro de carga constante, em um Nitossolo Vermelho distrófico latossólico, na profundidade de 0,00-1,30 m, em Piracicaba/SP.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi instalado na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, em Piracicaba, cujas coordenadas geodésicas são 22°42'30'' de latitude sul e 47°38'00'' de longitude oeste, e a 546 m de altitude. O solo foi classificado como Nitossolo Vermelho distrófico latossólico (EMBRAPA, 2011), a partir de uma trincheira aberta na área, de onde foram realizadas as seguintes determinações: análise granulométrica, matéria orgânica e densidade de partículas, segundo a metodologia utilizada no laboratório do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP (Tabela 1). Para a determinação da condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) e da densidade do solo (Ds) foram coletadas três amostras de 0,073 m de diâmetro e 0,072 m de altura, em cada uma das camadas, na profundidade de 0,00-1,30 m. O preparo das amostras, bem como a saturação em laboratório foram realizadas com a ajuda de um Frasco de Mariotte, utilizando-se água destilada e deareada, conforme Moraes (1991). As amostras receberam água por gotejamento até o nível atingir o topo da mesma e, após, deixadas saturando por um período de 24 horas. O método utilizado para a determinação de Ksat foi o permeâmetro de carga constante (YOUNGS, 1991), e para a Ds, o método de Blake & Hartge (1986). O cálculo de Ksat foi realizado segundo o modelo de Darcy, medindo-se o volume percolado a cada intervalo de tempo, ou até permanecer constante (PELISSARI et al., 2014).

Tabela 1. Valores de granulometria (areia, silte e argila), classe textural, matéria orgânica (M.O.) e densidade de partículas (D_p) do solo, nas diferentes camadas de interesse

Camada (m)	Areia	Silte (g kg ⁻¹)	Argila	Classe textural	M.O. (g kg ⁻¹)	D _p (Mg m ⁻³)
0,00-0,40	260	160	580	Argilosa	18	2,50
0,40-0,50	180	140	680	Muito argilosa	8	2,67
0,50-0,60	180	140	680	Muito argilosa	8	2,59
0,60-0,70	210	140	650	Muito argilosa	5	2,56
0,70-0,80	150	140	710	Muito argilosa	3	2,53
0,80-0,90	230	140	630	Muito argilosa	5	2,53
0,90-1,00	170	180	650	Muito argilosa	5	2,38
1,00-1,10	210	140	650	Muito argilosa	5	2,56
1,10-1,20	190	160	650	Muito argilosa	5	2,60
1,20-1,30	190	160	650	Muito argilosa	8	2,60

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores de Ds e de Ksat, obtidos com o permeâmetro de carga constante, e respectivos coeficientes de variação, para as diferentes camadas, são mostrados na Tabela 2. Verifica-se que a Ds praticamente não variou ao longo do perfil, exceto para as camadas de 0,00-0,40; 0,60-0,70 e 1,10-1,20 m, que apresentaram maiores valores, 1,32; 1,31 e 1,31 Mg m⁻³, respectivamente. Prevedello (1981), na mesma área experimental e nas mesmas camadas, observou que os valores de Ds foram consideravelmente maiores, variando cerca de 15% até 0,70 m e 5% a partir dessa camada. Para os dados de coeficiente de variação nota-se que os valores foram relativamente mais baixos do que os obtidos por Warrick & Nielsen (1980), que obtiveram coeficientes médios em torno de 7%. Os autores consideram essa propriedade física como de baixa variação, quando comparada, por exemplo, a Ksat, e indicam duas repetições como suficientes para obter-se valores representativos.

Tabela 2. Valores médios e coeficientes de variação (C.V.) da densidade do solo (Ds) e da condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat), nas diferentes camadas de interesse

Camada (m)	Ds (Mg m ⁻³)	C.V. (%)	Ksat (m s ⁻¹)	C.V. (%)
0,00-0,40	1,32	2,9	4,3 . 10 ⁻⁵	32,7
0,40-0,50	1,24	7,2	3,5 . 10 ⁻⁵	81,6
0,50-0,60	1,21	4,4	1,0 . 10 ⁻⁵	34,4
0,60-0,70	1,31	3,7	7,6 . 10 ⁻⁶	48,2
0,70-0,80	1,28	3,6	8,1 . 10 ⁻⁶	40,7
0,80-0,90	1,26	2,2	6,8 . 10 ⁻⁶	25,0
0,90-1,00	1,25	6,1	6,6 . 10 ⁻⁶	36,4
1,00-1,10	1,24	1,0	1,0 . 10 ⁻⁵	4,7
1,10-1,20	1,31	2,2	1,1 . 10 ⁻⁵	47,2
1,20-1,30	1,25	0,7	2,6 . 10 ⁻⁶	16,0

Segundo Kutílek & Nielsen (1994), solos que apresentam valores de Ksat entre 10⁻⁵ e 10⁻⁶ m s⁻¹ possuem permeabilidade hidráulica média, enquanto que Klute & Dirksen (1986) consideram que solos de classe textural argilo arenosa e com valores de Ksat entre 10⁻⁵ e 10⁻⁷ m s⁻¹ possuem permeabilidade baixa. Para o solo Nitossolo Vermelho distrófico latossólico estudado, a classe textural obtida variou de argilosa na camada de 0,00-0,40 m a muito argilosa nas demais camadas (Tabela 1) diferindo, portanto, daquela sugerida por Klute & Dirksen (1986). Analisando-se os valores de Ksat, observa-se que nas camadas de 0,60-0,70 a 0,90-1,00 m, ocorreu uma diminuição dos mesmos, podendo estar relacionada aos menores valores Ds, cuja variação foi de 1,31 a 1,25 Mg m⁻³, obtidos nas mesmas camadas estudadas. Sob o ponto de vista da análise granulométrica do solo, os dados mostram que para estas camadas (Tabela 1), não ocorreram valores de argila discrepantes, que pudessem justificar as reduções de Ksat, ao longo das camadas estudadas. De acordo com Mesquita & Moraes (2004), nas camadas superficiais, geralmente, há maior variação na Ds devido ao manejo, o que pode propiciar a formação de poros com diâmetros maiores, os quais permitem maiores valores de Ksat, porém estes poros podem não influenciar muito nos valores de Ds. No presente trabalho os maiores valores de Ksat ocorreram até a profundidade de 0,60 m, em que os valores de Ds mostraram-se maiores. É importante salientar que o solo onde foi realizado o experimento possui uma camada de impedimento (“B textural”), o que segundo Costa & Libardi (1999), avaliando a caracterização hídrica por descrição morfológica, varia de 0,21 a 0,90 m. Os valores dos coeficientes de variação oscilaram de 4 a 80% entre as camadas de solo e foram consideravelmente inferiores àqueles verificados por Warrick & Nielsen (1994), que observaram que a Ksat constitui uma propriedade das mais variáveis, alcançando coeficientes de variação maiores do que 100%. Guiberto (1999) trabalhando com um Latossolo Vermelho Amarelo também encontrou coeficientes de variação menores do que 100%. O autor relacionou esses menores valores à pequena distância adotada na coleta, entre amostras de uma mesma camada, proporcionando, assim valores aproximadamente iguais. Seja qual for o caso deve-se levar em consideração que o solo representa um sistema formado por poros contínuos e, portanto, qualquer interrupção nessa continuidade, poderá causar alterações nas medidas obtidas.

CONCLUSÕES: Para a profundidade de 1,30 m do solo Nitossolo Vermelho distrófico latossólico, os valores da condutividade hidráulica do solo saturado ficaram entre 10^{-5} e 10^{-6} m s⁻¹, sendo, portanto classificado como de permeabilidade média. Os maiores valores de Ksat ocorreram até a profundidade de 0,60 m, diminuindo a partir desta, devido, provavelmente a existência de uma camada de impedimento.

REFERÊNCIAS:

- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Part I: Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, 1986. cap. 13, p.363-375.
- CORSINI, P.C. Modificações de características físico-hídricas em perfis de série Jaboticabal e Santa Tereza, ocasionadas pelo cultivo intensivo. **Científico**, v.2, p.49-161, 1974.
- COSTA, A.C.S. da; LIBARDI, P.L. Caracterização físico-hídrica de um perfil de terra roxa estruturada latossólica pelo método do perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.669-677, 1999.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. revista. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 225p.
- GUIBERTO, P.J. Metodologias para a obtenção de parâmetros utilizados em modelos de infiltração da água no solo. Piracicaba, 1999. 79p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- KLUTE, A.; DIRKSEN, C. Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Part I: Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, 1986. cap. 28, p.687-732.
- KUTILEK, M.; NIELSEN, D.R. **Soil hydrology**. Berlin: Catena Verlag, 1994. 370p.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2. ed. Piracicaba, 2000. 509p.
- MORAES, S.O. Heterogeneidade hidráulica de uma terra roxa estruturada. Piracicaba, 1991. 141p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- MESQUITA, M.G.B.F.; MORAES, S.O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, v.34, p.963-969, 2004.
- PELLISSARI, A.L.; AMORIM, R.S.S.; JORDANI, S.A.; GUIMARÃES, P.P. Atributos físico-hídricos e estoque de carbono em Neossolo Quartzarênico sob plantio de *Eucalyptus urograndis*. *Nativa*, v.01, n.01, p.24-28, 2013.
- PREVEDELLO, B.M.S.; PREVEDELLO, C.L.; LIBARDI, P.L. Simplificação analítica do perfil instantâneo para obtenção da condutividade hidráulica não saturada em condições de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, p.93-97, 1981.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188p.
- SALES, L.E.O.; FERREIRA, M.M.; OLIVEIRA, M.S.O.; CURI, N. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.11, p.2091-2095, 1999.
- YOUNGS, E.G. Hydraulic conductivity of saturated soils. In: SMITH, K.A.; MULLINS, C.E. (Ed). *Soil analysis: physical methods*. New York: Marcel Dekker, 1991. p.161-207.
- WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). *Applications of soil physics*. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.