

## **Condutividade Hidráulica Saturada e propriedades físicas do solo em área de pastagem degradada em Argissolo na Depressão Central do RS**

Pereira, T. I.<sup>1</sup>; Uhde, L. T.<sup>2</sup>; Gubiani, P. I.<sup>3</sup>, Reichert, J. M.<sup>4</sup>; Reinert, D.J<sup>5</sup>;  
Vogelmann, E. S.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (UFSM), CEP97105-900, e-mail: [tiagoivan@yahoo.com.br](mailto:tiagoivan@yahoo.com.br) (apresentador); <sup>2</sup>UFSM, e-mail: [ltuhde@gmail.com](mailto:ltuhde@gmail.com); <sup>3</sup>UFSM, e-mail: [paulogubiani@gmail.com](mailto:paulogubiani@gmail.com); <sup>4</sup>UFSM, e-mail: [jmreichert@googlemail.com](mailto:jmreichert@googlemail.com); <sup>5</sup>UFSM, e-mail: [reinert@ccr.ufsm.br](mailto:reinert@ccr.ufsm.br); <sup>6</sup>UFSM, e-mail: [eduardovogelmann@hotmail.com](mailto:eduardovogelmann@hotmail.com).

### **Introdução**

A zona não saturada é onde ocorre a maior parte dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no solo. O meio poroso de um solo pode dividir-se em dois domínios para analisar o fluxo hídrico, segundo Chen & Wagenet (1992): os microporos que se comportam como um meio homogêneo e os macroporos onde a água é conduzida com maior velocidade que o domínio anterior.

De acordo com Reichardt & Timm (2004), a condutividade hidráulica saturada depende da fluidez da água, que é proporcional a sua viscosidade e densidade, e da macroporosidade do solo que, por sua vez, é função da textura e da estrutura.

A condutividade hidráulica saturada, apresenta uma distribuição do tipo log-normal, atribuída aos diferentes tamanhos de poros do meio (Buchter et al.,1991), assim solos com uma textura grosseira mostrarão intervalos de Ksat mais elevados que os solos de textura fina (Ward & Robison, 1990). A condutividade hidráulica apresenta uma elevada variabilidade espacial devido à heterogeneidade do próprio solo (Vieira et al.,1983; Mecke et al., 2000)

A condutividade hidráulica saturada de um solo (Ksat) é determinada pela geometria e continuidade dos poros preenchidos por água, tornando-se dependente, portanto da forma, arranjo, quantidade e continuidade dos poros no solo, tendo uma relação direta com a capacidade de transporte de solutos e substâncias químicas (Mesquita & Moraes 2004).

Portanto, qualquer fator que exerça influência sobre o tamanho e a configuração dos poros do solo, exercerá também influência sobre a condutividade hidráulica, sendo os macroporos responsáveis pela maior parte da movimentação da água no solo (Brady, 1983). Informações de pesquisas mostram que o processo de compactação do solo aumenta a densidade do solo, diminui a porosidade total e, simultaneamente, diminui a condutividade hidráulica (House et al., 2001; Nakano & Miyazaki, 2005, Reichert et al., 2007), quando o solo é compactado por maquinário.

A condutividade hidráulica é uma das propriedades do solo que melhor indicam as diferenças estruturais nas diversas camadas que constituem o perfil (Corsini 1974) Em um perfil do solo ela varia de horizonte para horizonte, e dentro de cada horizonte, varia em função da umidade. De acordo com

Oliveira et al.(2003), sua magnitude depende da distribuição, forma e tortuosidade dos poros, da superfície específica e da porosidade total.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a condutividade hidráulica nos diferentes horizontes de um perfil de Argissolo Vermelho representativo da Depressão Central do RS em três direções e verificar a existência de correlação entre os atributos físicos do solo (densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade) com a condutividade hidráulica em solo saturado (Ksat).

## **Material e Métodos**

O trabalho foi realizado durante os meses de fevereiro até agosto de 2008 no município de Santa Maria, RS, na região fisiográfica da Depressão Central do Estado do RS, em uma unidade de produção agropecuária em área de pastagem com bovinos de leite.

Selecionou-se uma vertente para estudar alguns processos hidrológicos. Para tanto, foi feito um transecto, traçado no sentido do declive da bacia, onde foram abertos treze perfis para o estudo como um todo. Destes escolheu-se um para investigar a variação da condutividade hidráulica do solo e a sua relação com as propriedades físicas do solo. O perfil descrito (Perfil 75) localiza-se no canal de um terraço na meia encosta em área de pastagem cultivada com pastejo de bovinos de leite bastante degradada. O cultivo dessa pastagem foi feito através de semeadura a lanço, e incorporação das sementes ao solo para uniformizar a germinação com uma grade de discos.

O perfil do solo foi classificado por Uhde et al. (2008), como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico espessarênico (EMBRAPA, 2006). A área está situada em 100 m de altitude, caracterizada pela ocorrência de precipitação pluvial de 1500 mm distribuída ao longo de todos os meses do ano, 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.

Para a determinação da Ksat e demais atributos físicos do solo, foram coletadas amostras com estrutura preservada em cilindros metálicos com 0,057m de diâmetro e 0,04m de altura nos horizontes do perfil nas direções vertical, horizontal e inclinado (45°), com três repetições para cada uma das direções. A Ksat foi determinada em permeâmetro de carga decrescente (Libardi, 2005); para isso, as amostras foram saturadas por capilaridade durante 48 horas. Após, as amostras foram secas em estufa a 105°C até peso constante para determinar a densidade do solo (Ds).

No laboratório as amostras foram saturadas pesadas e submetidas às tensões de 1, 6 e 10 kPa em coluna de areia (Reinert & Reichert, 2006) e 33 e 100 kPa em Câmara de Richards, para quantificar a distribuição de poros pela equação fundamental da capilaridade.

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição de normalidade. A Ksat teve que passar por transformação logarítmica para seguir a distribuição normal. Também se realizou uma análise correlação de Pearson entre Ksat com os demais atributos avaliados (densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade), estabelecendo regressões entre esses

parâmetros. Procedeu-se a análise de variância e comparação de médias utilizando-se o teste de Duncan a 5 % de probabilidade.

## **Resultados e discussão**

A condutividade hidráulica saturada do solo apresentou grande variação entre as diferentes direções de amostragem (inclinada, vertical e horizontal) nos horizontes Ap, AB, BA e também no horizonte Bt1 (Tabela 1). No horizonte Ap na direção vertical a condutividade apresentou os maiores valores  $349,4 \text{ mm h}^{-1}$  diferindo da inclinada ( $45^\circ$ ) que apresentou os menores valores  $9,96 \text{ mm h}^{-1}$ , havendo relação com os resultados de macroporosidade que no horizonte Ap na direção vertical apresentou maior valor diferindo da direção horizontal e inclinada, o que concorda Bouma et al. (1979) e Chen & Wagenet (1992). No horizonte AB (transição) a direção de amostragem inclinada ( $46,8 \text{ mm h}^{-1}$ ) diferiu da horizontal ( $3,1 \text{ mm h}^{-1}$ ) e da vertical ( $4,35 \text{ mm h}^{-1}$ ). Não houve diferença entre a direção horizontal e inclinada. No horizonte BA (transição) foi o que apresentou diferença significativa nas três direções de amostragem. No horizonte Bt1, a direção do fluxo de água foi maior na direção horizontal, diferindo da vertical. Observa-se uma grande redução nos valores de condutividade nos horizontes BA, Bt1 e Bt2 nas diferentes direções em relação aos demais horizontes do perfil estudado. Não houve diferença significativa nos horizontes A1, A2 e Bt2 nas diferentes direções. Em termos de predominância da direção do fluxo de água no perfil de solo estudado, observa-se que nos horizontes Ap, A2 e AB apresentam o predomínio do fluxo no sentido vertical. No horizonte AB e Bt2 é inclinado. Nos horizontes BA (transição) e no Bt1 fluxo de água é predominantemente horizontal.

Na tabela 2, estão descritos os índices de correlação entre as variáveis estudadas, tais como: condutividade saturada do solo, porosidade total, macro e microporosidade do solo. A condutividade evidencia correlações significativas e negativas com a densidade do solo, nos horizontes Ap, BA, Bt1 e Bt2, acarretando que aumentos na densidade do solo podem refletir em diminuição da condutividade ( $K_{\text{sat}}$ ). Com a porosidade total e macroporosidade no horizonte Bt2, as correlações foram de maneira significativa, mas do tipo positiva, significando que um incremento na porosidade total resulta em aumentos na condutividade.

A maior correlação foi observada entre a condutividade ( $K_{\text{sat}}$ ) com a densidade do solo nos horizontes Ap, BA, Bt1 e Bt2, exceto para os demais horizontes do perfil analisado. Quanto maior a densidade do solo, menor a condutividade. Portanto, a variável densidade do solo representa uma variável efetiva que possibilita inferir indiretamente sobre a condutividade ( $K_{\text{sat}}$ ).

A inter-relação das variáveis permite uma melhor avaliação da capacidade de um determinado solo em transmitir água para os diferentes horizontes de um perfil. Há necessidade de considerar que o solo em estudo apresenta um perfil com gradiente textural, onde o horizonte B é significativamente mais argiloso do que os Horizontes A e AB (transição).

**Tabela 1.** Densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade e condutividade hidráulica saturada do solo de um Argissolo em área de pastagem degradada na Depressão Central do RS. Santa Maria.2008

Horizonte	Direção	Densidade Mg m <sup>-3</sup>	Porosidade total m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Macroporosidade m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Microporosidade m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Ksat mm h <sup>-1</sup>
Ap	I	1,68 a	0,34 a	0,1 b	0,24 a	9,96 b
	H	1,58 a	0,42 a	0,13 b	0,3 a	74,12 ab
	V	1,6 a	0,41 a	0,26 a	0,16 a	349,4 a
CV%		3,82	11,07	26,01	28,64	31,33
A1	I	1,53 a	0,39 a	0,15 a	0,24 a	4,58 a
	H	1,56 a	0,39 a	0,19 a	0,2 a	6,86 a
	V	1,59 a	0,37 a	0,13 a	0,24 a	15,94 a
CV%		3,72	5,96	32,81	28,08	66,52
A2	I	1,42 b	0,44 a	0,17 a	0,28 a	7,84 a
	H	1,46 b	0,42 a	0,13 a	0,29 a	4,58 a
	V	1,59 a	0,45 a	0,2 a	0,25 a	12,58 a
CV%		2,86	4,17	25,97	18,65	83,46
AB	I	1,46 b	0,43 a	0,12 ab	0,31 b	46,8 a
	H	1,44 b	0,44 a	0,06 b	0,38 a	3,1 b
	V	1,55 a	0,44 a	0,15 a	0,3 b	4,35 b
CV%		2,13	3,91	34,28	7,49	44,62
BA	I	1,4 b	0,45 a	0,11 a	0,35 a	1,67 b
	H	1,34 b	0,44 a	0,11 a	0,33 a	6,34 a
	V	1,56 a	0,44 a	0,11 a	0,33 a	0,04 c
CV%		2,61	6,28	49,01	15,41	31,95
Bt1	I	1,37 a	0,44 a	0,09 a	0,35 a	1,48 ab
	H	1,42 a	0,46 a	0,08 a	0,38 a	2,48 a
	V	1,55 a	0,43 a	0,08 a	0,36 a	0,08 b
CV%		5,24	616	22,97	3,68	71,25
Bt2	I	1,39 a	0,45 a	0,1 a	0,35 a	1,32 a
	H	1,42 a	0,44 ab	0,1 a	0,34 a	0,54 a
	V	1,48 a	0,42 b	0,08 a	0,34 a	0,09 a
CV%		6,61	3,31	17,64	2,74	91,67

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste Duncan. Tabela 2. Correlação entre Ksat e atributos físicos do solo, dentro dos horizontes de um perfil de Argissolo Vermelho em área de pastagem degradada na Depressão Central do RS.

HZ	Densidade do solo	Porosidade total	Macroporosidade	Microporosidade
Ap	-0,79*	0,24 <sup>NS</sup>	0,64 <sup>NS</sup>	-0,28 <sup>NS</sup>
A1	-0,44 <sup>NS</sup>	0,72 <sup>NS</sup>	-0,30 <sup>NS</sup>	0,59 <sup>NS</sup>
A2	-0,39 <sup>NS</sup>	-0,48 <sup>NS</sup>	0,18 <sup>NS</sup>	-0,36 <sup>NS</sup>
AB	-0,42 <sup>NS</sup>	-0,56 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	-0,29 <sup>NS</sup>
BA	-0,85*	-0,14 <sup>NS</sup>	0,008 <sup>NS</sup>	-0,04 <sup>NS</sup>
Bt1	-0,67*	0,18 <sup>NS</sup>	-0,25 <sup>NS</sup>	0,46 <sup>NS</sup>
Bt2	-0,68*	0,69*	0,68*	0,28 <sup>NS</sup>

-----  
Densidade do solo

1

Porosidade Total

-0,45\*

1

Macroporosidade

0,27\*

-0,11<sup>NS</sup>

1

Microporosidade

-0,47\*

0,63\*

-0,84\*

1

\*Correlação significativa em nível de 5% de probabilidade pelo modelo de Pearson.

NS Correlação não significativa.

## Conclusões

A condutividade hidráulica comporta-se de maneira diferente em cada horizonte do perfil do solo e é dependente da orientação de amostragem.

A condutividade hidráulica saturada do solo apresentou grande variação entre horizontes e nas diferentes direções de amostragem (inclinada, vertical e horizontal) nos horizontes Ap, AB, BA e também no horizonte Bt1.

A maior correlação foi observada entre a condutividade com a densidade do solo nos horizontes Ap, BA, Bt1 e Bt2.

A inter-relação das diferentes variáveis permite uma melhor avaliação da capacidade de um determinado solo em transmitir água nos diferentes horizontes de um perfil, considerando que há variação na textura e estrutura.

## Agradecimentos

Ao grupo da física do solo da UFSM.

## Literatura Citada

- BRADY, N.C. Natureza e propriedades do solo. 6. ed. Rio de Janeiro: Freitas, 1983. 647 p.
- Buchter, B. Aina, P.O.; Azari, A. S. Y Nielsen, D. R. (1991): Spatial variability along transects. *Soil Technology*, 4, pp 297-314.
- Chen, C. Y Wagenet, R.J. (1992): Simulation of water and chemicals in macropore soils: 1. Representation of the equivalent macropore influence and its effect on soil-water flow. *J. Hydrol.*, 130, pp. 105-126.
- BOUMA, J. Measuring the conductivity of soil horizons with continuous macropores. *Soil Science Society of America Journal*, v.46, p.438-441, 1982.
- CORSINI, P. C. Modificações de características físico-hídricas em perfis de série Jaboticabal e Santa Tereza, ocasionadas pelo cultivo intensivo. *Científico, Jaboticabal*, v.2, n.2, p.49-161, 1974. Mês 03
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 2ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa Solos, 2006. 306p.
- House, M.L, Powers, W.L. Eisenhauer, D.E. Marx, D.B., Fekersillassie, D., 2001. Spatial analysis of machine-wheel traffic effects on soil physical properties. *Soil Sci.Soc.Am.J.*65. 1376-1384.
- Mecke, M.; Westman, C.J. Y Ilveshiemi, H. (2000): Prediction of near-saturated hydraulic conductivity in three Podzolic boreal forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, pp.485-492
- 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.
- NAKANO, k. & MIYAZAKI, T. Predicting the saturated hydraulic conductivity of compacted subsoils using the non-similar media concept. *Soil & Tillage Research* 84. Elsevier. 2005, p.145-153.
- NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 442p.
- OLIVEIRA, L.F.C.; BONONO, R.; CARVALHO, D.F. & CORTÊS, F.C. Influência da condutividade hidráulica na altura do lençol freático, espaçamento de drenos e na produtividade do milho. *Bioc. Jornal*, v.19, p.35-41, 2003.
- REICHARDT, K. & TIMM, L.C. Solo planta e atmosfera – conceitos, processos e aplicações. Barueri - SP: Manole, 2004. 478p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Revista Ciência & Ambiente, Santa Maria, v.27, p.29-48, 2003.

REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo: protótipos e teste. Ciência Rural, v.36, p.1931-1935, 2006.

Ward,R.C. Y Robinson, M. (1990): Principles of hydrology. Mc.Graw Hill, 365 p.