

# CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE UMA TOPOSSEQÜÊNCIA NO MUNICÍPIO DE PORTO REAL-RJ

MARCOS GERVASIO PEREIRA<sup>1</sup>; JOSÉ MÁRIO PIRATELLO FREITAS DE SOUZA<sup>2</sup>, ALEXANDRE RAVELLI<sup>3</sup>

1. Professor Associado I, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, CEP: 23890-000, Seropédica/RJ; Bolsista do CNPq, e-mail: gervasio@ufrj.br. 2. Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia – Ciência do Solo, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. 3. Professor Associado I, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, CEP: 23890-000, Seropédica/RJ; e-mail: ranelli@ufrj.br

## RESUMO

Este estudo teve o objetivo a caracterização físico-hídrica dos solos de uma toposseqüência no município de Porto Real (RJ) de forma a contribuir para a implantação, planejamento e manejo de projetos de irrigação. Foram determinadas a textura, densidade do solo e das partículas do solo, porosidade total, capacidade de campo e ponto de murcha (permanente), água disponível, curva característica de água no solo e a taxa de infiltração de água (TIB). Através dos dados obtidos foi determinada a capacidade de água disponível (CAD). Os valores médios de capacidade de campo e de ponto de murcha e, conseqüentemente, de água disponível, foram relativamente baixos, com valores mais elevado na camada subsuperficial. Observou-se que o solo possui baixa capacidade de infiltração e de armazenamento de água. Os valores médios da taxa de infiltração básica mostram que toda a área em estudo classifica-se como lenta.

**Palavras-chave:** características físico-hídricas, curva de retenção de umidade, irrigação.

## ABSTRACT

### HYDRICO-PHYSICAL CHARACTERIZATION OF THE TOPOSSEQUENCE SOIL IN PORTO REAL, RIO DE JANEIRO

This study had the objective the soil hydrico-physical characterization of a topossequence in the city of Porto Real (Rio de Janeiro) to contribute for the implantation, planning and handling of irrigation projects. Were evaluated the texture, bulk and particles density, total porosity, field capacity and point of withering (permanent), available water, characteristic water curve and the water infiltration rate (WIR). Through the gotten data the available water capacity was determined (CAD). The average values of field capacity and withering point and, consequently, water available, had been relatively low, with values more higher in the subsurface layer. It was observed that the soil possesss low water storage and infiltration capacity. The average values of the rate of basic infiltration show that all the area in study is classified as slow.

**Key words:** Hydrico-physical characteristics, humidity retention curve, irrigation.

## INTRODUÇÃO

O solo pode ser dividido em um sistema trifásico composto por: sólidos, líquidos e gases, e torna-se um dos reservatórios de água na natureza, sendo o local onde as plantas a retiram, podendo retê-la em grandes quantidades, embora nem toda ela esteja prontamente disponível para os vegetais. A interação destes três componentes no perfil do solo promove o surgimento dos fenômenos de adsorção, adesão e capilaridade,

que se constituem nas forças que definem o grau e a intensidade da dinâmica da água no solo, sob condição não-saturada (Encarnação, 1996).

A água retida pelo solo em potenciais matriciais específicos é largamente utilizada como critério no dimensionamento de projetos de irrigação e em outras áreas da agronomia, que incluem estudos de disponibilidade de água às plantas, infiltração, drenagem, condutividade hidráulica, estresse hídrico e movimentos de solutos no solo (Kern, 1995), onde os três principais critérios utilizados são a capacidade

de campo, o ponto de murcha permanente e a água disponível. Essas definições, embora prescindam de um consistente embasamento teórico, como advogaram Reichardt (1988) e Lier (2000), são inegavelmente, úteis na avaliação da aptidão agrícola das terras destinadas à agricultura irrigada ou de sequeiro.

A relação entre o conteúdo de água no solo e sua retenção é fundamental para caracterizar as propriedades hidráulicas do mesmo. Essa relação é conhecida na literatura por vários nomes, incluindo função de retenção de água, curva característica e curva de capilaridade pressão-saturação (Klute, 1986). A função de retenção de água relaciona um fator capacidade, que é o conteúdo de água, a um fator intensidade, o estado de energia da água no solo, que é a sucção.

A característica da retenção de água é uma expressão da capacidade do solo para armazenar água. As curvas características de retenção de água são específicas para cada solo (Freire, 1975). A representação em curva da retenção de água permite uma avaliação precisa e rápida da disponibilidade de água dos solos para as plantas.

Vários atributos do solo podem influir na retenção de água, com maior ou menor intensidade, sendo mais importantes: a umidade, a textura, o tamanho e distribuição de poros, o conteúdo de matéria orgânica e de óxidos de ferro livre (Klute, 1986). A retenção de água também é função da quantidade e natureza da argila.

A variabilidade espacial das propriedades de solo influencia a retenção de água, resultando em ampla variação na disponibilidade de água, ar e solutos no solo e na produtividade das culturas. Logo, as propriedades hidrológicas dos solos podem variar dentro de uma mesma unidade pedológica, devido principalmente aos processos de formação e desenvolvimento desses solos. A curva de retenção de água é necessária aos estudos relacionados com o balanço e com a disponibilidade de água às plantas, com a dinâmica da água e solutos no solo e com a infiltração e manejo da irrigação (Tormena & Silva, 2002).

A produtividade agrícola está intimamente relacionada aos atributos físicos do solo, em especial àqueles que afetam a relação solo-água, uma vez que o solo constitui-se no principal reservatório para as plantas. Portanto, para o uso racional da água nas atividades agrícolas é necessária a determinação de características dos solos que forneçam informações para a prática da irrigação, dentre estas determinações destaca-se a caracterização da curva de retenção de umidade. As relações entre teor de umidade e tensão podem ser expressas de várias maneiras, sendo que as curvas de tensão-umidade são aquelas que melhor caracterizam essas relações.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização físico-hídrica de uma topossequência de solos do município de Porto Real –RJ.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A área de trabalho está situada no compartimento do médio Vale do Paraíba, denominado de Bacia de Resende, constituindo juntamente com a Bacia de Taubaté, um importante compartimento do planalto Sudeste Brasileiro. A geologia da área é representada por formações rochosas do Complexo Paraíba do Sul e sedimentos colúviais e aluviais dela derivados. O município com uma área total de 50,8 km<sup>2</sup>, formada em sua quase totalidade por terrenos planos, destaca-se na agricultura por ser o maior produtor de feijão e inhame de todo o Estado (IBGE, 2000) e pelo cultivo de rosas. Também são cultivados em Porto Real a cana-de-açúcar e oleráceas diversas, atingindo uma produção de 8 mil toneladas.

Para a seleção da topossequência, o método adotado foi o de caminhamento, visando diferenciar os solos em função do tipo de material de origem, topografia e vegetação. Os perfis foram descritos segundo as recomendações de Lemos & Santos (1996). As principais classes de solo observadas na área foram Cambissolo Háplico Tb distrófico gleico (CXbd), nas áreas moderadamente drenadas; Gleissolo Háptico Tb distrófico típico (GXbd), nas áreas imperfeitamente drenadas; e os solos Gleissolo Melânico distrófico típico (GMd) e Gleissolo Háptico Ta Distrófico típico (GXvd), nas áreas mal drenadas (Tabela 1).

Para cada classe de solo, foi retirada uma amostra composta de três amostras simples aleatórias para cada horizonte estudado. Estas amostras em laboratório foram secadas ao ar e passadas em peneira de 2 mm. Nestas amostras foram realizadas as determinações das curvas de retenção de umidade com as seguintes tensões (potencial matricial): 0,01 ; 0,03; 0,1; 0,3; 0,6 e 1,5 MPa.

Quanto às características do terreno, os seguintes parâmetros foram identificados: situação topográfica, declividade e forma da pendente; classe de material de origem; cobertura vegetal e localização. A caracterização analítica das amostras de terra foi feita segundo os métodos estabelecidos pela Embrapa (1997).

O método utilizado para medir as taxas de infiltração básica foi o infiltrômetro de duplo cilindro. Na execução do teste, seguiram-se as recomendações as Embrapa (1997). A dimensão do cilindro interno foi de 0,254 m de diâmetro, bem como de altura, e a do externo, 0,381 m de diâmetro e 0,20 de altura. O cilindro interno foi cravado ao solo até uma profundidade de 0,20 m e o externo 0,15 m o equipamento de medição da infiltração foi regulado para manter uma lâmina de água de 15 mm acima do nível do solo, durante o teste cujo o tempo de duração variou de 2 a 3 horas.

**Tabela 1-** Atributos físicos e carbono orgânico dos perfis avaliados

Horiz	Prof. cm	Ds Mg/m <sup>3</sup>	Dp	Poros cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	Areia	Silte g kg <sup>-1</sup>	Argila	Argila Natural	Silte/ argila	GF %	C. org g kg <sup>-1</sup>
<b>Cambissolo Háplico TB distrófico típico (CXbd)</b>											
<b>Ap</b>	0-24	1,23	2,31	0,47	550	130	350	160	0,37	54	15,0
<b>AB</b>	24-50	1,20	2,38	0,50	570	100	370	150	0,27	59	5,4
<b>Bi</b>	50-95 <sup>+</sup>	1,47	2,27	0,35	540	100	400	80	0,25	80	1,2
<b>Gleissolo Háplico Tb distrófico típico (GXbd)</b>											
<b>A1</b>	0-10	1,10	2,28	0,52	720	60	220	60	0,27	73	18,9
<b>A2</b>	10-97	1,34	2,33	0,42	690	70	240	70	0,29	71	6,4
<b>AC</b>	72-97 <sup>+</sup>	1,47	2,39	0,38	650	50	300	220	0,17	27	3,4
<b>Gleissolo Háplico Ta distrófico típico (GXvd)</b>											
<b>Ap</b>	0-54	1,01	2,18	0,54	620	180	200	40	0,9	83	19,5
<b>AC</b>	54-69	1,38	2,28	0,39	610	120	270	170	0,44	37	14,5
<b>Cg</b>	69-105 <sup>+</sup>	1,42	2,33	0,39	500	70	430	0	0,16	100	12,3
<b>Gleissolo Melânico distrófico típico (GMd)</b>											
<b>Ap</b>	0-51	1,02	2,08	0,51	550	120	330	70	0,36	79	25,4
<b>AC</b>	51-67	1,15	2,14	0,46	550	100	350	200	0,29	43	20,5
<b>Cg</b>	67-115 <sup>+</sup>	1,34	2,35	0,43	450	110	440	10	0,25	98	16,3

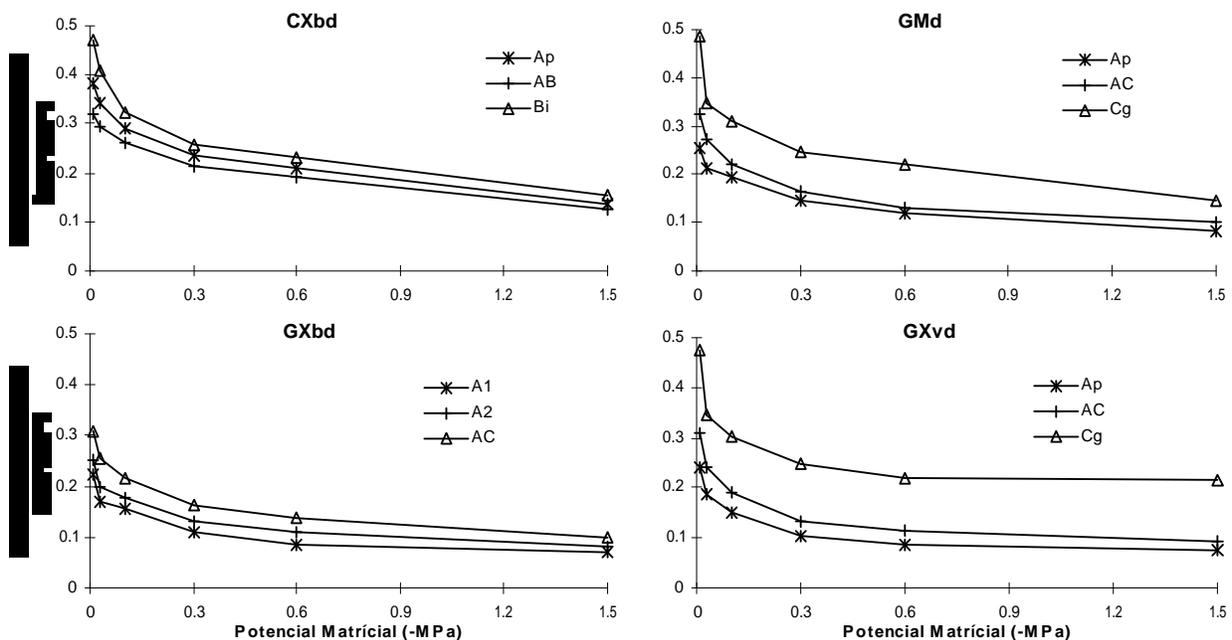
Ds- densidade do solo; Dp- densidade de partículas; GF- grau de floculação; C. org- carbono orgânico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Curva de retenção de umidade

Através dos dados gerados foram construídas as curvas de retenção de umidade (Figura 1) onde

observa-se que variações entre estas são decorrentes dos diferentes materiais de origem que formaram os perfis, associado a posição do relevo que este perfis ocupam na paisagem.



**Figura 1-** Curva de retenção de umidade dos diferentes solos estudados.

Para todos os solos descritos, em todas as tensões avaliadas, verificou-se o aumento gradativo da umidade em profundidade acompanhado pelo incremento de argila dos horizontes.

Na Figura 1 são apresentadas as curvas de retenção de umidade dos diferentes solos estudados. Nota-se que os perfis GXvd e GMd possuem um comportamento idêntico quanto à retenção de umidade e que as curvas características destes apresentaram maior heterogeneidade entre os respectivos horizontes em todas as tensões avaliadas. Para o CXbd e GXbd a variação da curva característica entre os horizontes foi menor, mostrando de maneira geral a homogeneidade das propriedades atuantes na retenção de água em cada perfil. Ainda para o Cambissolo, a curva de retenção de umidade apresentou um declínio contínuo em toda a sua extensão, onde verificou-se que a partir de 0,6 MPa, houve um sensível decréscimo até 1,5 MPa, mostrando capacidade de retenção de água a maiores tensões, diferentemente dos outros solos que a partir de 0,6 MPa até 1,5 MPa, apresentaram grandes variações de umidade.

Como já discutido, as curvas de retenção de umidade do GXvd e GMd, são muito similares. Contudo observa-se que em todas as tensões aplicadas, nos respectivos horizontes, a diferença entre os teores de umidade do solo é maior na faixa de tensão que vai desde a saturação (próximo de zero) até 0,1 MPa, ocorrendo uma forte inclinação até a tensão de 0,03 MPa, o que caracteriza a umidade gravitacional. As inclinações bruscas destas curvas evidenciam o envolvimento predominante da baixa superfície específica na retenção da água a baixas tensões. Do exposto, observa-se, para os perfis, que a água contida

nas frações minerais é removida a tensões relativamente baixas.

Atribui-se nesse trabalho a maior ou menor homogeneidade das curvas características com a profundidade, a maior ou menor uniformidade da distribuição da textura e à matéria orgânica no perfil, e principalmente a interação entre essas variáveis, já que só houve interação significativa do conteúdo de água nas diferentes tensões estudadas e o teor de argila (Tabela 3). Valores elevados significativos, porém negativos, podem ser observados para a fração areia nas tensões correspondentes a capacidade de campo (0,01 atm) e ao ponto de murcha permanente (1,5 atm) (Tabela 3). Estreita dependência da umidade na  $\theta_{cc}$  e  $\theta_{pmp}$  em relação à textura foi observada por outros autores. Silva & Kay (1997) verificaram que a água, em diferentes potenciais mátricos, estava diretamente relacionada com o teor de argila, Ds e teor de carbono orgânico dos solos. Neste estudo não foi constatada a influência da matéria orgânica no  $\theta_{pmp}$  e  $\theta_{cc}$ , concordando com os resultados obtidos por Giarola et al. (2002) (Tabela 3).

O conteúdo de água retido nestes solos foram muito baixos, decorrentes da baixa percentagem de argila e alta de areia total, produzindo sensível diminuição na capacidade de retenção de umidade com o aumento da tensão.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Costa (1979), mostrando que a influência da textura do solo é muito grande; mas, solos da mesma classe textural podem ter curvas de tensão de umidade diferentes, como resultado do teor de matéria orgânica, do tipo de argila e das diferenças de microestrutura

**Tabela 2** – Conteúdo de água (umidade volumétrica) nas diferentes tensões e conteúdo de água disponível água (milímetros) nos perfis estudados.

	0,01	0,03	0,1	0,3	0,6	1,5	AD mm
	-----MPa -----						
Cambissolo Háplico TB distrófico típico (CXbd)							
<b>Ap</b>	38,1	34,3	29,0	23,5	21,0	13,7	49,4
<b>AB</b>	32,0	29,5	26,2	21,5	19,0	12,6	43,9
<b>Bi</b>	47,2	40,9	32,2	25,6	23,0	15,3	115,2
Gleissolo Háplico Tb distrófico típico (GXbd)							
<b>A1</b>	22,4	17,1	15,5	10,9	8,5	7,0	8,6
<b>A2</b>	25,2	19,8	17,7	13,1	11,0	8,2	54,6
<b>AC</b>	30,9	25,4	21,6	16,3	14,0	9,8	39,0
Gleissolo Háplico Ta distrófico típico (GXvd)							
<b>Ap</b>	24,2	18,8	15,3	10,3	8,5	7,5	61,0
<b>AC</b>	30,9	24,2	19,0	13,2	11,5	9,4	22,2
<b>Cg</b>	47,6	34,5	30,1	24,7	22,0	21,4	47,2
Gleissolo Melânico distrófico típico (GMd)							
<b>Ap</b>	25,4	21,1	19,3	14,6	12,0	8,3	65,3
<b>AC</b>	32,4	27,1	21,9	16,4	13,0	10,2	27,0
<b>Cg</b>	48,4	34,6	31,0	24,5	22,0	14,6	96,0

De uma maneira geral, as curvas mostram que os solos/camadas de textura argilosa possuem maiores disponibilidades de água a tensões abaixo de 0,6 MPa, enquanto que nos de textura média este fenômeno pode ser verificado a tensões abaixo de 0,3 MPa. Deste modo, nota-se que nas principais classes de solos avaliadas, a disponibilidade de água para as plantas nas tensões superiores a 0,3 e 0,5 MPa, são muito baixas, pois foi mínima as variações dos teores de umidade sob tensões superiores àquelas.

### Capacidade de água disponível

A capacidade de água disponível para os perfis estudados foi calculada em mm de água para as respectivas espessuras de seus horizontes. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Verifica-se que todos os perfis solos avaliados, possuem entre os limites de 0,033 a 1 Mpa, cerca de metade da água disponível em relação aos limites convencionais entre 0,033 a 1,5 MPa. Nota-se também que o CXbd, o GMd, o GXbd e GXvd, respectivamente tem maiores disponibilidades de água em profundidade acompanhando o mesmo comportamento da curva de retenção e dos incrementos de argila.

A disponibilidade de água é baixa em todos os horizontes dos GXvd, GMd e GXbd (Tabela 2). Apesar da textura argilosa permitir um maior armazenamento da água, esta é retida mais fortemente pela argila, diminuindo sua disponibilidade para as plantas. Já para o Cambissolo, a disponibilidade de água é média nos horizontes superficiais e alta nos subsuperficiais. Esta maior disponibilidade está relacionada principalmente com a textura dessas camadas.

A matriz de correlação (Tabela 3), mostra que em relação a capacidade de água disponível, houve influência negativa da fração areia. Em maiores profundidades a soma de silte mais areia melhorou o ajuste do modelo. As pequenas contribuições do carbono orgânico para a densidade e a capacidade de água disponível concordam com o comportamento verificado por Moura et al., (1992).

Mesmo possuindo textura idênticas, o Cambissolo (CXbd), GXvd e GMd, o maior suprimento de água dos horizontes argilosos, revela que aqueles que possuem um elevado teor de umidade fracamente retido apresentam um outro fator que não somente a textura controlando esse processo.

Levando-se em consideração as condições de máxima demanda evapotranspirométrica, 6 mm/dia, mencionada por Wolf (1975), como base para as áreas onde se localizam os perfis, as reservas de água em 30 cm de profundidade até 1,5 Mpa, se esgotariam provavelmente em 3, 2, 2 e 2 dias, respectivamente para o Cambissolo, GXbd, GGXvd e o GMd. E na profundidade de 60 cm na mesma tensão, poderia haver aproximadamente mais 2 dias de reservas.

Na profundidade de 30 cm, verifica-se que o Cambissolo se destaca dos demais por possuir um maior reservatório de água disponível, apresentando, portanto, uma maior capacidade de reter umidade a baixas tensões. Na profundidade de 60 cm, o GXvd e GMd de 0,01 a 0,1 MPa, apresentam uma capacidade de água disponível maior que os demais perfis; contudo, nas demais tensões, e em todas as camadas/profundidades, apresenta uma equivalência de suprimento de água relação aos limites reais adotados para água disponível

**Tabela 3-** Matriz de correlação entre os parâmetros avaliados

	<b>0,03</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>AD</b>	<b>AREIA</b>	<b>SILTE</b>	<b>ARGILA</b>	<b>C.ORG</b>
<b>0,01</b>	0,943	0,947	0,926	0,928	0,907	0,727	-0,809**	-0,072	0,890**	-0,328
<b>0,03</b>	1,000	0,980	0,965	0,965	0,851	0,874	-0,762*	-0,025	0,877**	-0,435
<b>0,1</b>		1,000	0,996	0,995	0,883	0,811	-0,793*	-0,082	0,926**	-0,399
<b>0,3</b>			1,000	0,997	0,890	0,780	-0,782*	-0,104	0,929**	-0,402
<b>0,6</b>				1,000	0,890	0,779	-0,771**	-0,085	0,911**	-0,426
<b>1,5</b>					1,000	0,488	-0,727**	-0,163	0,850**	-0,320
<b>AD</b>						1,000	-0,593	0,111	0,672	-0,426
<b>AREIA</b>							1,000	-0,295	-0,887	-0,116
<b>SILTE</b>								1,000	-0,135	0,451
<b>ARGILA</b>									1,000	-0,199

A água disponível ( $q_{ad}$ ) apresentou coeficiente de correlação significativo apenas com os teores de argila ( $r=0,6720$ ), significativo a 1%. Arruda et al. (1987), contudo verificaram um melhor ajuste das relações de retenção de umidade quando o silte era utilizado

juntamente com a argila como parâmetro da equação.

Enfim, observa-se que entre os limites convencionais de água disponível, ou seja, entre 0,33 e 1,5 Mpa, estes solos apresentam, de uma maneira geral, menos de 10 mm de água para cada 10 cm de

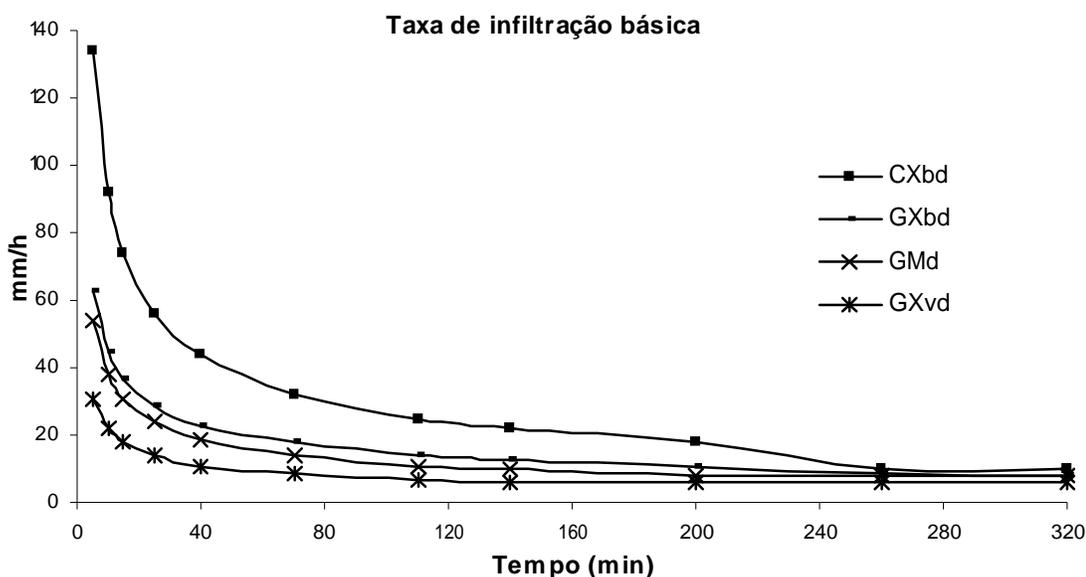
solo.

### Taxa de infiltração básica

A infiltração da água nos solos está representada na Figura 2. Como se pode notar, a taxa de infiltração básica (TIB) assumiu valores muito baixos para solos, mostrando variações ao longo do tempo. As baixas taxas de infiltração são explicadas pela ausência de espaços porosos interagregados na matriz dos solos, sobretudo nos horizontes superficiais. No presente

estudo os baixos valores da TIB e sua homogeneidade entre os diferentes solos, evidenciam o baixo grau de desenvolvimento estrutural dos mesmos e modificações na macroporosidade advinda dos diferentes manejos.

A interpretação da matriz de correlação da Tabela 3 permitiu a seleção das variáveis areia, silte, argila, densidade do solo e carbono orgânico para a análise de regressão múltipla, com a capacidade de água disponível, a curva de retenção de umidade e a taxa de infiltração básica.



**Figura 3** – Variação da taxa de infiltração básica em função do tempo e dos tipos de solo.

As irregularidades no comportamento da velocidade de infiltração foram mais destacadas para o Cambissolo, com incrementos da velocidade enquanto que para os outros perfis, a velocidade já atingiu certo equilíbrio dinâmico. Isso se deve, talvez, entre outros condicionantes, aos efeitos do rearranjo dos espaços porosos existentes. Entretanto, apenas com os dados obtidos, não se pode explicar com clareza tal tipo de comportamento da velocidade de infiltração.

### CONCLUSÕES

Os teores de umidade da curva de retenção foram proporcionais ao incremento de argila dentro do perfil.

Todos os perfis avaliados possuem entre os limites de 0,033 a 1 MPa, cerca de metade de toda água disponível em relação aos limites convencionais entre 0,033 a 1,5 MPa.

A taxa de infiltração assumiu valores idênticos e

muito baixos para estes solos, evidenciando então problemas de drenagem dentro dos perfis.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, F.B.; BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 11, p.1-84, 1987.
- COSTA, J.B. *Caracterização e constituição do solo*. 29. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkion, 1979. 527p.
- EMBRAPA. SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DO SOLO. *Manual de métodos de análises de solos*. Rio de

- Janeiro, 1979. 247p.
- EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. *Manual de métodos de análises de solo*. 2ª edição, Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- ENCARNAÇÃO, F.A.F. *Avaliação do desempenho de um novo instrumento o Hidro Saver para a determinação da lâmina de irrigação*. Piracicaba: ESALQ, 1996. 63 p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas ).
- FREIRE, J. C. *Retenção de umidade em perfil Oxissol do município de Lavras, Minas Gerais*. Piracicaba: ESALQ, 1975. 76p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S. Relações entre propriedades físicas e características de solos da região sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, p. 885-893, 2002.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [WWW.IBGE.GOV.BR](http://WWW.IBGE.GOV.BR)
- KERN, J.S. Evaluation of soil water retention models based on basic soil physical properties. *Soil Science Society . America. Journal*, v. 59, p.1134-1141, 1995.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. 2. ed. Madson, American Society of Agronomy, 1986. p.635-660.
- LIER, Q.J. Índices de disponibilidade de água para as plantas. In: NOVAES, R.F.; ALVAREZ, V.H.; SHAFFER, C.E.G.R., eds. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do solo. 2000. p.95-106.
- MOURA, E.G.; VIEIRA, S.R.; CARVALHO, A.M. Avaliação da capacidade de aeração e de água disponível dos solos de duas transeções na baixada ocidental maranhense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 16, p. 7-18, 1992.
- REICHARDT, K. Capacidade de campo *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 12, p.211-216, 1988.
- SILVA, A.P. & KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soil from properties and management. *Soil Science Society . America. Journal.*, v. 61, p. 977-883, 1997.
- TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Incorporação da densidade no ajuste de dois modelos à curva de retenção de água no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, p. 305-314, 2002.



This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.