

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 22

ISSN 1678-1961
Agosto, 2007

Condutividade Hidráulica de Solo Coeso dos Tabuleiros Costeiros Cultivado com Citros





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-1961

Agosto, 2007

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 22

Condutividade Hidráulica de Solo Coeso dos Tabuleiros Cos- teiros Cultivado com Citros

Fernando Luis Dutra Cintra¹

Paulo Leonel Libardi²

Sérgio Oliveira Moraes³

Cláudio Roberto Marciano⁴

Aracaju, SE
2007

Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br>

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Av. Beira Mar, 3250

Aracaju, SE

CEP: 49025-040

Fone: **79-4009-1300

Fax: **79-4009-1369

www.cpatc.embrapa.br

E-mail: sac@cpatc.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Edson Diogo Tavares

Secretária-Executiva: Maria Ester Gonçalves Moura

Membros: Emanuel Richard Carvalho Donald, Emanuel Richard Carvalho Donald,

José Henrique de Albuquerque Rangel, Julio Roberto Araujo de Amorim,

Ronaldo Souza Resende, Joana Maria Santos Ferreira

Normalização bibliográfica: Josete Cunha Melo

Supervisora Editorial: Maria Ester Gonçalves Moura

Tratamento de ilustrações: Diego Corrêa Alcântara Melo

Foto(s) da capa: Arquivo Embrapa Tabuleiros Costeiros

Editoração eletrônica: Diego Corrêa Alcântara Melo

1ª edição

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Cintra, Fernando Luis Dultra

Condutividade hidráulica de solo coeso dos tabuleiros costeiros cultivado com citros /

Fernando Luis Dultra Cintra, Paulo Leonel Limbardi, Sérgio Oliveira Moraes, Claudio Roberto Marciano. -- Aacaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007.

16 p. : il.- (Boletim de pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961; 22).

Disponível em [http:// < www.cpatc.embrapa.br >](http://www.cpatc.embrapa.br)

1. Solo. 2. Condutividade Hidráulica. 3. Solo – Tabuleiros Costeiros. 4. Agrissolo acinzentado. 5. Citro. I. Limbardi, Paulo Leonel. II. Moraes, Sérgio Oliveira. III. Marciano, Claudio Roberto. IV. Título. V. Série.

CDD-631.432

© Embrapa 2007

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	11
Conclusões	16
Referências Bibliográficas	16

Condutividade Hidráulica de Solo Coeso dos Tabuleiros Costeiros Cultivado com Citros

F. L. D. Cintra¹ P. L. Libard² S. O. Moraes³ C. R. Marciano⁴

Resumo

Em muitas classes de solo dos tabuleiros costeiros a dinâmica da água assume características peculiares, por estarem envolvidos nos processos de drenagem e redistribuição de água, uma série de fatores restritivos, a exemplo de horizontes coesos superficiais e regime climático concentrado em períodos de cinco a seis meses contínuos. Na região Centro Sul de Sergipe a conjunção desses fatores assume grande relevância por colocar em risco a citricultura praticada no Estado, uma de suas principais atividades agrícolas. O objetivo deste estudo foi avaliar, através da determinação da condutividade hidráulica não saturada, o movimento de água em Argissolo Acinzentado coeso dos tabuleiros costeiros cultivado com citros. O método utilizado foi o do perfil instantâneo conduzido em área de 5,5 m x 5,5 m na qual foram instalados tensiômetros de colunas de mercúrio nas profundidades 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 e 1,5 m para monitoramento diário dos potenciais mátricos, pelo período de um mês. Utilizou-se o índice de concordância "d" de Willmott para quantificar a similaridade entre os valores de condutividade por faixas de umidade. Os resultados demonstraram existir grande

¹Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar, 3250, CEP 49025-040, Caixa Postal 44, CEP 49001-970, Aracaju, SE, fcintra@cpac.embrapa.br

²Professor Titular do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, pllibard@esalq.usp.br

³Professor do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, somoraes@esalq.usp.br

⁴Professor do Curso de Agronomia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF, Av. Alberto Lamego, 200, CEP: 28013-602, Campos dos Goytacazes/RJ, marciano@uenf.br

similaridade nas taxas de condutividade hidráulica não saturada das profundidades 0,3 m e 1,5 m, as quais diferiram e foram inferiores às observadas nas profundidades 0,5 m, 0,7 m, 0,9 m, 1,1 m e 1,3 m, similares entre si. Essas diferenças de condutividade hidráulica entre camadas do solo, contribuíram para a formação de uma zona de acumulação temporária de água entre os horizontes BA (0,20 a 0,42 m), onde se localizou a camada coesa, e Btx2 (1,40 a 2,00 m de profundidade), a qual poderá atuar como meio regulador do suprimento de água para as plantas cítricas nos meses que antecedem a estação seca.

Termos de indexação: camada coesa, laranjeira.

Hydraulic Conductivity in a Coastal Tableland Citrus Orchard Soil Presenting a Hardened Subsurface Layer

Abstract

In many classes of soils in the coastal tablelands, the water dynamics presents unique characteristics, as it is controlled by a series of restriction factors that impact the water drainage and redistribution along the profile. Among these factors are the hardened subsurface layers and a well-defined five- to six-month-long rainy season. In Mid-Southern Sergipe, the conjunction of these factors becomes very relevant; as it increases the risks of yield loss in citrus orchards, one of the main agricultural activities in this region. The objective of this study was to analyze the movement of water in a coastal tableland soil with a subsurface hardened layer, by measuring the non-saturated hydraulic conductivity. The method of the instantaneous profile was used in plots with 5.5 x 5.5 m, in which mercury column tensiometers were installed to monitor the matric potential at depths of 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1.1, 1.3, and 1.5 m, and readings taken daily during one month. The Willmott's agreement index "d" was used to quantify the similarity between the conductivity values within moisture ranges. The depths of 0.3 and 1.5 m had very similar non-saturated hydraulic conductivity rates. The values at these two depths were lower than those observed at the intermediate depths of the 0.5, 0.7, 0.9, 1.1, and 1.3 m. Accordingly, it was concluded that the differences in the hydraulic conductivity among the soil layers contributed for the onset of a temporary zone of water accumulation between the hardened BA (0.20 to 0.42 m) and the Btx2 (1.40 to 2.00 m) horizons, which could regulate the water supply to the citrus trees during the months preceding the dry season.

Index terms: hardened horizons, orange fruit.

Introdução

O regime hídrico do solo e a disponibilidade de água para as plantas são objetos de estudos sempre presentes, quando estão envolvidas a adaptação de espécies vegetais ao meio ambiente e a produtividade de culturas. Em muitas áreas dos tabuleiros costeiros este tema assume relevância devido aos problemas de ordem física e climática que tornam o movimento da água nos solos um assunto bastante complexo. Hillel (1970) relata que a quantidade de água absorvida pelas plantas não depende apenas do conteúdo ou do potencial total da água no solo, mas também, da aptidão deste em transmitir água para as plantas. Reichardt (1978) ressalta que a dinâmica da água no solo depende de inúmeros fatores tais como heterogeneidade do perfil, tipo de planta e condições atmosféricas, e que seu conhecimento durante o desenvolvimento da cultura é essencial para o estabelecimento e aprimoramento das práticas de manejo.

O movimento da água no solo é resultante do gradiente de potencial total, o qual ocorre no sentido do potencial total decrescente e, cuja intensidade, é controlada pelo meio físico. A equação que melhor rege o movimento de água em solos não saturados, equação de Darcy-Buchingham, representada por $q = -K(\theta) \text{ grad } \phi_t$, estabelece que a densidade de fluxo q é função da condutividade hidráulica ($K(\theta)$) e do gradiente de potencial total ($\text{grad } \phi_t$). Por envolver o conhecimento da permeabilidade intrínseca relacionada ao volume total e distribuição do tamanho dos poros, além da tortuosidade e das características do fluido, a condutividade hidráulica pode ser definida como o “coeficiente que expressa a facilidade com que um fluido é transportado através do meio poroso e que depende tanto das propriedades do meio como das do fluido” (Libardi, 1995).

Nos solos dos tabuleiros costeiros com horizontes coesos, também denominados de camadas coesas, os processos que envolvem o movimento de água ocorrem, em geral, sob condições não saturadas. No entanto, em determinadas áreas e épocas do ano, a zona do solo situada acima desses horizontes pode permanecer sob condições de saturação durante muitas semanas. Essa ocorrência se constitui em mais uma das dificuldades encontradas para compreensão dos processos que envolvem o comportamento da água nos solos coesos dos tabuleiros costeiros.

A presença dessas camadas e o regime climático predominante na região, caracterizado por cinco a seis meses contínuos de déficit hídrico, atuam como

contraponto à potencialidade dos tabuleiros para a citricultura. Além de reduzirem a profundidade efetiva do solo, as camadas coesas respondem por grandes alterações no potencial de água, aeração e resistência mecânica à penetração das raízes e, conseqüentemente, no desenvolvimento das laranjeiras. Esses problemas afetam de forma expressiva a região produtora de citros do Estado de Sergipe, cuja exploração é conduzida na sua grande maioria, sob condições de sequeiro.

Este estudo teve como objetivo avaliar a condutividade hidráulica não saturada em um perfil de solo coeso dos tabuleiros costeiros na principal região produtora de citros do Estado de Sergipe.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro Sul de Sergipe, que concentra a maioria dos pomares de citros do Estado, cujas coordenadas geográficas são 11°22'37" de latitude sul, 37°40'26" de longitude oeste e altitude média de 109 m. Os valores médios anuais de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluvial são, respectivamente, 24°C, 81% e 1300 mm. O solo estudado, cujas principais características físicas são apresentadas na Tabela 1 é um Argissolo Acinzentado com fragipan.

Para determinação da condutividade hidráulica não saturada utilizou-se o método do perfil instantâneo (Libardi et al., 1980), para o qual foi delimitada uma parcela de 5,5 m x 5,5 m com condições de represar uma lâmina de água de pelo menos 0,10 m de altura. Para medida do potencial mátrico foi instalado um conjunto de oito tensiômetros com manômetro de mercúrio, nas profundidades 0,10; 0,30; 0,50; 0,70; 0,90; 1,10; 1,30 e 1,50 m. A saturação do solo foi feita por uma fonte permanente de água até que fosse estabelecido um fluxo constante até a profundidade de 1,5 m e atingida a condição de regime estacionário. Neste estágio, o fornecimento de água foi interrompido e a área coberta para atendimento das condições de contorno do método, as quais prevêm completa ausência de evaporação e de entrada de água por meio da superfície. A partir deste momento a redistribuição da água pelo processo de drenagem interna, foi monitorada pelo período de um mês com medidas diárias do potencial mátrico.

Tabela 1. Granulometria (g kg^{-1}), densidade do solo (kg dm^{-3}) e porosidade total (%) no perfil de solo estudado.

Horiz.	Prof. (m)	Frações de Areia*			Argila	Silte	Densidade do Solo	Porosidade Total			
		AMG	AG	AM							
Ap	0,00-0,20	37,00	200,45	303,0	196,65	61,50	798,60	60,90	140,50	1,54	40,95
BA	0,20-0,42	26,40	155,30	249,0	173,60	63,90	668,20	65,25	266,55	1,72	33,88
Bt	0,42-0,85	29,30	130,15	196,70	147,80	63,55	567,50	79,75	352,75	1,63	36,76
Btx1	0,85-1,40	19,30	105,30	170,70	130,60	71,20	497,10	153,80	349,10	1,55	39,08
Btx2	1,40-2,00+	22,50	94,25	153,30	130,60	75,80	476,45	203,85	319,70	1,53	40,00

* AMG - Areia muito grossa (2 a 1 mm), AG - Areia grossa (1 a 0,5 mm), AM - Areia média (0,5 a 0,25 mm)

AF - Areia fina (0,25 a 0,1 mm), AMF - Areia muito fina (0,1 a 0,05 mm)

Tabela 2. Equações representativas da condutividade hidráulica para cada horizonte e profundidade estudada.

Horiz.	Prof. (m)	Parâmetros teóricos			Equações (m dia^{-1})
		θ_0 ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	K_0 (m dia^{-1})	β	
Ap	0,1	0,307	0,0546	57,143	$K = 0,0546 \exp^{57,143(\theta-0,307)}$
BA	0,3	0,350	0,0679	57,143	$K = 0,0679 \exp^{57,143(\theta-0,350)}$
Bt	0,5	0,400	0,0340	23,095	$K = 0,0340 \exp^{23,095(\theta-0,400)}$
Btx1	0,7	0,400	0,0440	28,571	$K = 0,0440 \exp^{28,571(\theta-0,400)}$
	0,9	0,420	0,0418	29,155	$K = 0,0418 \exp^{29,155(\theta-0,420)}$
Btx2	1,1	0,416	0,0505	32,258	$K = 0,0505 \exp^{32,258(\theta-0,416)}$
	1,3	0,419	0,0662	37,736	$K = 0,0662 \exp^{37,736(\theta-0,419)}$
	1,5	0,384	0,0804	55,249	$K = 0,0804 \exp^{55,249(\theta-0,384)}$

Para obtenção da curva característica de retenção de água, composta pelas tensões 0,5; 1; 4; 7; 10; 30; 80; 100; 500 e 1500 kPa, foram coletadas, com o aparelho de Uhland, amostras de solo com estrutura indeformada em anéis volumétricos com diâmetro e altura média de 53,7 mm e 59,9 mm, respectivamente. Cada anel era composto de três segmentos com as mesmas dimensões e separáveis entre si, cujo segmento central era selecionado para aplicação das tensões; este cuidado visava a utilização de amostras com distúrbio mínimo da sua estrutura. Os equipamentos utilizados para obtenção da curva foram o funil de placa porosa para as tensões 0,5; 1; 4; 7 e 10 kPa e câmaras de pressão de Richards para as tensões 30; 80; 100; 300 e 1500 kPa. Ao serem finalizados os procedimentos para obtenção da curva obteve-se a densidade do solo a partir da relação massa do solo seco/volume de cada anel. Com os valores de umidade volumétrica, associados às tensões aplicadas, foram obtidos os parâmetros empíricos da equação proposta por Van Genuchten (1980).

Na Tabela 2 estão apresentadas as equações representativas da condutividade hidráulica (K), as quais descrevem o comportamento hidráulico do solo com base no modelo $K = K_0 \exp^{\beta(\theta-\theta_0)}$, onde K_0 e θ_0 representam, respectivamente, a condutividade hidráulica e a umidade do solo sob condições de saturação a campo e β , o coeficiente angular da curva de θ versus logaritmo neperiano (\ln) do tempo, por profundidade.

Para quantificar a diferença entre os valores obtidos de condutividade hidráulica, foi utilizado o índice de concordância “ d ” de Willmott (1981), o qual varia entre 0 e 1, sendo que o valor 1 indica perfeita similaridade e 0 a inexistência de qualquer concordância entre os dados. Os valores de condutividade hidráulica, estimados com base nos modelos apresentados na Tabela 2, foram comparados por profundidade em diferentes faixas de umidade, de tal forma que fosse possível a comparação de todos os pares.

Resultados e Discussão

O comportamento hidráulico do solo está ilustrado na Figura 1, na qual é possível identificar dois grupos distintos quanto à condução da água no perfil, diferenciados com base na inclinação das curvas. Um dos grupos é composto pelas curvas 0,1 m, 0,3 m e 1,5 m (horizontes Ap , BA e Btx_2 , respectivamente) mais inclinadas, e o outro representado pelas curvas 0,5 m e 0,7 m (horizonte Bt) e 0,9 m, 1,1 m e 1,3 m (horizonte Btx_1), com menor inclinação. Nye &

Thinker (1977) ressaltam que, em solos cultivados, a magnitude da condutividade hidráulica na camada superficial do solo está relacionada ao grau de compactação e às mudanças estruturais promovidas pelas práticas de preparo do solo. É possível que no solo estudado, um dos fatores responsáveis pela diferenciação entre os grupos, quanto à condução de água no perfil, tenha sido a presença da camada coesa de origem pedogenética, situada entre 0,20 e 0,42 m, horizonte BA, cuja densidade do solo é superior à dos outros horizontes (Tabela 1).

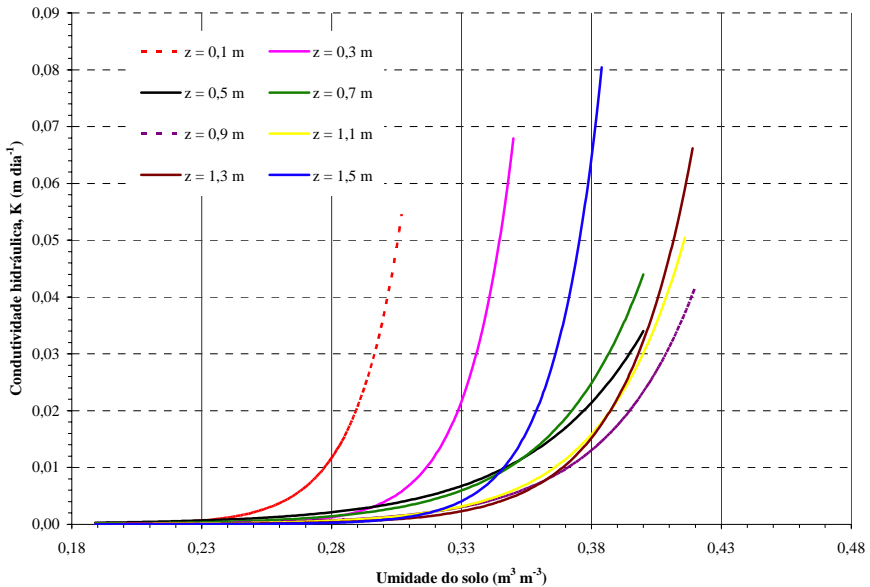


Figura 1- Condutividade hidráulica versus umidade do solo em cada profundidade estudada.

Essas diferenças na condutividade hidráulica são evidenciadas na Tabela 3 através do índice “d” de Willmott. Nas duas primeiras faixas de umidade ($0,189$ a $0,307 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,310$ a $0,350 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), a condutividade foi muito baixa (Figura 1), não sendo possível detectar similaridades entre as profundidades. Na segunda faixa ($0,310$ a $0,350 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) percebe-se que, apesar dos baixos índices “d”, os valores de condutividade a $0,5 \text{ m}$, $0,7 \text{ m}$ e $1,5 \text{ m}$ assemelham-se bastante entre si, diferindo, no entanto, dos obtidos a $0,9 \text{ m}$, $1,1 \text{ m}$ e $1,3 \text{ m}$.

Na faixa de umidade do solo entre $0,351$ e $0,384 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, a sensibilidade do índice de Willmott é maximizada podendo-se verificar, como regra geral, índices próximos de 1, ou seja, grande similaridade entre os valores de condutividade hidráulica nas comparações feitas entre as profundidades $0,5$; $0,7$; $0,9$; $1,1$ e $1,3 \text{ m}$ entre si e, baixo índice “d”, quando estas profundidades foram comparadas com $1,5 \text{ m}$. Este fato permite afirmar que o comportamento hidráulico desta última camada diverge bastante das demais e ainda possibilita a pressuposição da ocorrência de valores próximos de 1 entre esta e as profundidades $0,1$ e $0,3 \text{ m}$, com base no formato das curvas, se os valores de condutividade permitissem esta comparação.

O comportamento similar quanto à condução de água dos horizontes Ap, BA e Btx₂, pode estar relacionado aos altos teores de areia do Ap, principalmente das frações mais grossas, e à alteração da estrutura promovida pela elevada coesão do BA (Tabela 1), assim como, à cimentação apresentada no horizonte Btx₂, comum nos solos coesos dos tabuleiros costeiros. Por ser determinante na composição da geometria dos poros e da tortuosidade, o caráter arenoso do horizonte Ap, o adensamento do BA e a cimentação do Btx₂, devem ter sido os fatores responsáveis pela queda acentuada da condutividade hidráulica ao se imprimir pequena redução da umidade do solo.

Tabela 3. Índice “d” de concordância de Willmott, coeficiente de determinação R² e equações de regressão linear, para avaliação do grau de similaridade da condutividade hidráulica em diferentes faixas de umidade do solo.

Faixas de umidade (m ³ m ⁻³)	Profundidade (m)	Índice de Willmott (d)	R ²	Regressão		
0,189 a 0,307	0,1	0,3	0,453535	1,000000	y = 0,1065x + 2E-19	
		0,5	0,432556	0,883273	y = 0,0753x + 0,0007	
		0,7	0,428296	0,922663	y = 0,0604x + 0,0004	
		0,9	0,414867	0,926305	y = 0,0304x + 0,0002	
		1,1	0,414800	0,943910	y = 0,0296x + 0,0001	
		1,3	0,410268	0,968724	y = 0,019x + 6E-05	
0,310 a 0,350	0,3	1,5	0,411407	0,999762	y = 0,0211x + 4E-06	
		0,5	0,580222	0,971912	y = 0,1073x + 0,0041	
		0,7	0,554374	0,980431	y = 0,1194x + 0,0031	
		0,9	0,336788	0,981247	y = 0,0622x + 0,0015	
		1,1	0,356612	0,985280	y = 0,0724x + 0,0014	
		1,3	0,289042	0,991173	y = 0,0634x + 0,0008	
0,351 a 0,384	1,5	1,5	0,524423	0,999921	y = 0,1797x + 0,0002	
		0,5	0,996586	0,999445	y = 1,3541x - 0,0042	
		0,9	0,928627	0,999321	y = 0,7198x - 0,0024	
	1,1	1,1	0,964444	0,998456	y = 0,9364x - 0,0043	
		1,3	0,947549	0,996097	y = 0,9963x - 0,0063	
		1,5	0,799535	0,981948	y = 5,244x - 0,0491	
	0,7	0,9	0,901294	0,999994	y = 0,5316x - 0,0002	
		1,1	0,944722	0,999752	y = 0,6918x - 0,0014	
		1,3	0,925857	0,998482	y = 0,7364x - 0,0032	
	1,5	1,5	0,841106	0,987666	y = 3,8829x - 0,0329	
		0,9	1,1	0,992423	0,999824	y = 1,3014x - 0,0012
		1,3	0,996212	0,998671	y = 1,3855x - 0,0029	
	1,1	1,5	0,602494	0,988211	y = 7,3062x - 0,0316	
		1,1	1,3	0,998063	0,999461	y = 1,0649x - 0,0017
		1,5	0,670556	0,990894	y = 5,621x - 0,0251	
1,3	1,5	0,645444	0,994769	y = 5,2874x - 0,0164		

Esta observação pode ser visualizada na Figura 2 onde a condutividade é expressa em termos de condutividade hidráulica relativa (Kr). Ao se fixar uma mesma taxa de redução na umidade de por exemplo 0,02 m³ m⁻³, a partir do tempo inicial de redistribuição 0,307; 0,350; 0,400 e 0,420 e 0,384 m³ m⁻³ (Tabela 2), para os horizontes Ap (z = 0,1 m), BA (z = 0,3 m), Bt (z = 0,5 e 0,7 m), Btx₁ (z = 0,9; 1,1 e 1,3 m) e Btx₂ (z = 1,5 m), respectivamente, verificou-se queda na condutividade hidráulica relativa, em torno de 70 % nos

horizontes Ap, BA, e Btx₂ e de apenas 40 % nos horizontes Bt e Btx₁. Com base nesses resultados é possível pressupor que essas variações na condução de água no perfil poderão produzir uma zona temporária de acumulação de água entre os horizontes BA (0,20 – 0,42 m) e Btx₂ (1,40 – 2,00 m) no período que antecede o ápice da estação seca, atuando assim, como reguladora do suprimento de água para as plantas cítricas. Essa característica poderá contribuir para adiar a submissão precoce das laranjeiras ao déficit hídrico, comum na região Centro Sul do Estado de Sergipe, em função do regime climático predominante de cinco a seis meses consecutivos de seca.

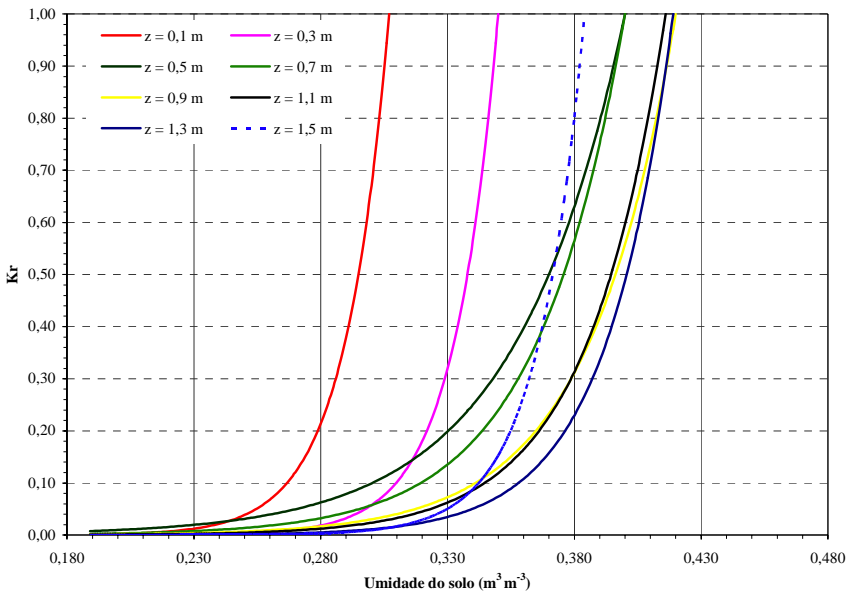


Figura 2- Condutividade hidráulica relativa versus umidade do solo em cada profundidade estudada.

Conclusão

No local estudado, as diferenças na condutividade hidráulica entre as camadas de solo promoveram a formação de uma zona de acumulação temporária de água entre os horizontes BA (0,20 a 0,42 m), onde se localizou a camada coesa, e o horizonte Btx₂ (1,40 a 2,00 m de profundidade).

Referências Bibliográficas

HILLEL, D. **Solo e água; fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de solos, 1970. 231p.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba, 1995. 497p.

LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Simplified field methods for estimating the unsaturated hydraulic conductivity. **Soil Science Society of American Journal**, v.44, n.1, p.3-6, 1980.

NYE, P.H.; THINKER, P.B. **Solute movement in the soil-root system**. London: Blackwell Scientific, 1977. 341p.

REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978. 119p.

VAN GENUCHTEN, M.Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, v.44, n.5, p.892-898, 1980.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, p.184-194, 1981.

Embrapa

Tabuleiros Costeiros

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

