

CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA E CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO, EM LAVOURA DE CAFÉ CONILON SUBMETIDA À SUBSOLAGEM

Joabe Martins de Souza¹, Robson Bonomo², Fábio Ribeiro Pires³,
Diego Zancanella Bonomo⁴

(Recebido: 25 de maio de 2013; aceito: 27 de agosto de 2013)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito do preparo do solo, na retenção de água e condutividade hidráulica do solo, em lavoura de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre) submetida à subsolagem na linha de plantio. A área do experimento foi composta por três talhões T11, T7 e T3, cultivada com cafeeiro a 11, 7 e 3 anos, respectivamente. Foram retiradas amostras indeformadas, na linha (P1) e entrelinha (P2), e nas camadas 0,00-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60, 0,60-0,80 m, com três repetições, para avaliação da retenção de água e da condutividade hidráulica. O P1 no T11 apresentou maior conteúdo de água na capacidade de campo, como também curvas semelhantes para todas as camadas. O T7 apresentou maior conteúdo de água retida no P2, em todas as tensões, nas camadas de 0,20-0,80 m, já no P1 a maior água disponível foi na camada de 0,00-0,20 m, e a menor na camada de 0,60-0,80 m. No T3, a maior retenção no P1 foi nas camadas de 0,00-0,60 m, devido à maior retenção de água em tensões baixas. As condutividades hidráulicas diferiram estatisticamente entre as posições estudadas, nas camadas de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m e não diferiram entre talhões, apresentando maior condutividade nas camadas 0,00-0,40 m. A subsolagem proporcionou maior retenção de água em baixas tensões, aumentou a água disponível no solo na camada de 0,00-0,60 m, em relação à entrelinha, a condutividade hidráulica do solo foi aumentada correlacionando-se negativamente com microporosidade e positivamente com porosidade total e macroporosidade. O efeito não varia com o tempo após preparo do solo.

Termos para indexação: *Coffea canephora* Pierre, preparo do solo, armazenamento de água, infiltração, tabuleiros costeiros.

SOIL WATER RETENTION CURVE AND HYDRAULIC SOIL IN COFFEE CROP CONILON SUBMITTED TO SUBSOILING

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of tillage, water retention and soil hydraulic conductivity in Conilon coffee crop (*Coffea canephora* Pierre) submitted to subsoiling in the row. The area of this experiment was comprised of three plots T11, T7 and T3, with coffee grown to 11, 7 to 3 years respectively. Undisturbed samples were taken in the line (P1) and leading (P2), and layers 0.00-0.20, 0.20-0.40, 0.40-0.60, 0.60-0.80 m, with three replicates for evaluation of water retention and hydraulic conductivity. The P1 in T11 showed higher water content at field capacity, as well as similar curves for all layers. The T7 showed higher water content retained in the P2 all voltages in layers of from 0.20 to 0.80 m, most P1 now available water-layer was 0.00 to 0.20 m, and the lower layer 0.60-0.80 m. In T3 greater retention in P1 was, in layers of 0.00 to 0.60 m, due to increased water retention in low voltages. Hydraulic conductivities statistics differ between the studied positions, layers of 0.00-0.20 and 0.20-0.40 were accepted me not between plots, with higher conductivity in the layers from 0.00 to 0.40 m. The subsoiling provided greater water retention at low voltages, increased the available water in the soil layer of 0.00 to 0.60 m, compared to the spacing, the soil hydraulic conductivity was increased and correlated negatively with microporosity and positively with total porosity and macroporosity, and the effect does not vary with time after soil tillage.

Index terms: *Coffea canephora* Pierre, soil preparation, water storage, infiltration, coastal tablelands.

1 INTRODUÇÃO

No estado do Espírito Santo destaca-se, principalmente, o café Conilon entre outras culturas, tendo esse grande importância econômica e social no norte do Estado, sendo, conforme Bonomo et al. (2013), uma das principais fontes de renda e emprego.

O solo é o principal suporte da produção

agrícola, sendo que as práticas realizadas antes da implantação de uma lavoura cafeeira têm significado especial, principalmente no preparo do solo.

O preparo do solo está relacionado a sustentabilidade das culturas, pois exerce influência em grande parte dos atributos físicos do solo, afetando todo o processo de estabelecimento, desenvolvimento e produção das plantas cultivadas.

¹Universidade Federal do Espírito Santo - Centro de Ciências Agrárias - Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal Alto Universitário s/n - 29500-000 - Alegre - ES - joabenv@gmail.com

²Universidade Federal do Espírito Santo - Centro Universitário Norte do Espírito Santo - Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - Rodovia BR 101 Norte, Km 60 - Bairro Litorâneo - 29932-540 - São Mateus ES - robsonbonomo@gmail.com

³Universidade Federal do Espírito Santo - Centro Universitário Norte do Espírito Santo - Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - Rodovia BR 101 Norte, Km 60 - Bairro Litorâneo - 29932-540 - São Mateus ES - pires.fr@gmail.com

⁴Centro Universitário Norte do Espírito Santo - Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - Rodovia BR 101 Norte, Km 60 Bairro Litorâneo - 29932-540 - São Mateus - ES - diegozancanella@yahoo.com.br

Os sistemas de preparo do solo devem proporcionar boas condições físicas do solo, para que as plantas possam se desenvolver adequadamente (CORTEZ et al., 2011).

Dentro dos vários atributos físico-hídricos dos solos, relacionados ao armazenamento de água no solo e ao desenvolvimento das plantas, está a curva de retenção de água no solo (CRA). A curva de retenção de água no solo expressa a relação entre o potencial mátrico e a umidade do solo (NASCIMENTO et al., 2010).

A curva de retenção de água é usada em vários estudos como o balanço de água no solo, a disponibilidade de água às plantas, a dinâmica da água e solutos no solo, a infiltração e o manejo de irrigação. A CRA pode fornecer tanto o momento quanto a quantidade de água a aplicar para um manejo correto e adequado de irrigação. A partir dela, pode-se obter, também, os valores de umidade correspondentes à capacidade de campo (θ_{cc}) e ao ponto de murcha permanente (θ_{pmp}), sendo que a diferença de umidade entre θ_{cc} e θ_{pmp} é definida como a capacidade de água disponível (CAD) de um solo a uma dada profundidade (BARRETO et al., 2011). Segundo Bonomo et al. (2013), através de um manejo adequado da irrigação, pode-se economizar água, energia, aumentar a produtividade da cultura e melhorar a qualidade do produto.

O conteúdo de água retido em determinado Ψ_m depende da estrutura, da distribuição dos poros, da densidade do solo, nos quais fenômenos capilares são de maior importância; quando os fenômenos de adsorção dominam esta é dependente da textura e da superfície específica das partículas minerais, da fração argila (AJAYI et al., 2009; BEUTLER et al., 2002; HILLEL, 1982; REATTO et al., 2007).

A condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) é outro atributo físico-hídrico do solo que assume relevância por fornecer informações imprescindíveis da capacidade de transporte de água, solutos em praticamente todos os mecanismos de fluxos (TREVISAN et al., 2009).

Segundo Silva et al. (2012) e Trevisan et al. (2009), a condutividade hidráulica do solo sofre influência de atributos desse solo tais como: estrutura, composição granulométrica, homogeneidade do perfil do solo, densidade do solo, porosidade total e macro e micro porosidade, manejo e teor de matéria orgânica.

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os efeitos do preparo do solo no plantio de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre), submetido à subsolagem no sulco de plantio, na capacidade de retenção de água e condutividade hidráulica do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido em área com cultivo de café Conilon, localizada no município de São Mateus-ES, latitude 18°43'58,57" S e 40° 5' 52,97"O, com lavouras já implantadas e manejadas. O espaçamento empregado é de 3 x 1 m, sendo utilizado o sistema de poda programada do Conilon, onde é feita a renovação, podas drásticas das plantas, a cada quatro safras.

O clima do município de São Mateus é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado por clima tropical úmido, com inverno seco e chuvas máximas no verão. A precipitação média anual é de 1.200 mm, e concentra-se entre os meses de novembro e janeiro. A temperatura média anual é de 23°C, e as médias máximas e mínimas são de 29°C e 18°C, respectivamente.

O solo da área de estudo, típico de tabuleiro costeiro que constitui a classe predominante no Norte e Noroeste do estado do Espírito Santo (IJSN, 2012), foi classificado como Argissolo Amarelo coeso, textura média em A e argilosa em B, segundo metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2006).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, sendo um fatorial 3 x 4 x 2, com três repetições, sendo 3 talhões com idades diferentes T11 (11 anos), T7 (7 anos) e T3 (3 anos) e quatro camadas amostradas (0,00-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60, 0,60-0,80 m) e duas posições P1 (linha do cafeeiro) e P2 (entrelinhas do cafeeiro).

Os três talhões foram submetidos à subsolagem na linha do cafeeiro, na época de transplântio, para subsolagem do terreno com a utilização de um trator de pneu traçado de 140 cv, com subsolador de 4 hastes de 0,50 m (T11 – 11 anos), um trator de esteira modelo D6 com ripper de 0,80 m (T7 – 7 anos) e um trator de pneu de 180 cv com ripper de 0,80 m (T3 – 3 anos).

O manejo mecanizado da área ocorre no transplântio e a cada 4 anos, com a realização da poda drástica das plantas de 0,20-0,40 m de altura do solo. Nessa ocasião ocorrem as práticas mecanizadas com a entrada de um trator de pneu de 65 cv, com triturador e aplicador de calcário. Ao longo do primeiro ano de implantação da lavoura, e no pós-poda, ocorrem também a aplicação de adubo foliar e defensivos, com média de cinco entradas, utilizando um trator Agrale 4200.

As amostras com estrutura preservada (indeformadas), utilizadas para a determinação da curva de retenção de água no solo foram coletadas nas posições e camadas anteriormente citadas, com o auxílio de um amostrador de Uhland, utilizando cilindros com 0,05 m de diâmetro e 0,03 m de altura.

Nestas amostras foram determinadas a porosidade total (PT) como sendo igual à umidade de saturação ($m^3 m^{-3}$) e a microporosidade (MICRO), ($m^3 m^{-3}$) que foi considerada como sendo a água retida à tensão de 6 kPa. Por diferença entre PT e MICRO foi calculada a macroporosidade (MACRO), ($m^3 m^{-3}$), sendo que a densidade do solo (D_s) foi calculada com base na relação entre massa de sólidos e volume total da amostra, expresso em $g cm^{-3}$ (EMBRAPA, 1997), e a curva de retenção de água no solo, segundo Andrade Júnior et al. (2007).

A curva de retenção de água no solo foi ajustada ao modelo proposto por Genuchten (1980), descrito pela Equação 1, que associa os valores de umidade obtidos no equilíbrio com os respectivos potenciais.

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha \Psi_m)^n]^m} \quad (1)$$

em que:

θ = umidade volumétrica do solo ($m^3 m^{-3}$);

θ_r = umidade volumétrica do solo na tensão de 1500 kPa ($m^3 m^{-3}$);

θ_s = umidade volumétrica do solo saturado ($m^3 m^{-3}$);

Ψ = Potencial da água no solo (kPa);

α, m, n = parâmetros empíricos da equação, obtidos pelo ajuste do modelo.

A umidade de saturação θ_s e a umidade residual θ_r , constantes no modelo, foram tratadas como variáveis independentes, sendo assumidas como equivalentes à porosidade total e à umidade em equilíbrio com o potencial de 1500 kPa, respectivamente. O parâmetro α foi considerado dependente de Ψ , equivalendo a $1-1/(MUALEM, 1976)$, sendo que n representa um índice de distribuição dos tamanhos poros, já o parâmetro m , que como o n define o formato da curva, representa o inverso do potencial de entrada de ar. Na obtenção desse ajuste foi utilizado o software SWRC (DOURADO NETO et al., 2001).

A água disponível (AD) foi calculada pela diferença entre o teor de água obtido na capacidade de campo (10 kPa) e o teor de água retido no potencial de 1500 kPa, considerado como sendo o ponto de murcha permanente. A água prontamente disponível (APD) foi calculada pela diferença entre o teor de água retida a 10 kPa e a 100 kPa, conforme definido por Costa et al. (2009). O potencial crítico para a cultura do café de 100 kPa foi utilizado conforme Serafim et al. (2013), que

relatam que a umidade do solo acima da tensão de 100 kPa é considerada ótima para cultura já que permite o metabolismo pleno das plantas, sendo que umidade do solo entre as tensões de 100 kPa a 1500 kPa. decrescem o metabolismo à medida que se aproxima da tensão de 1500 kPa.

As medidas de condutividade hidráulica do solo saturado foram realizadas utilizando-se um permeâmetro de Guelph, de acordo como os procedimentos descritos no manual de instruções operacionais do próprio permeâmetro (SOIL MOISTURE EQUIPMENT CORP, 2005).

As medidas das taxas de infiltração foram realizadas em cargas constantes de 0,05 m (R_1) e 0,10 m (R_2) de água em intervalos de tempos, nos dois pontos e no centro de cada uma das quatro profundidades já apresentadas. Por meio das Equações 2 ou 3, cuja escolha dependeu da opção de reservatório combinado ou interno utilizado, foi possível calcular a condutividade hidráulica do solo saturado.

$$K_{sat} = (0,0041)(X)(R_2) - (0,0054)(X)(R_1) \quad (2)$$

$$K_{sat} = (0,0041)(Y)(R_2) - (0,0054)(Y)(R_1) \quad (3)$$

em que:

K_{sat} = condutividade hidráulica do solo saturado ($cm s^{-1}$);

R_1 e R_2 = taxas de infiltração de água, determinadas pelo permeâmetro, para as cargas constantes de 0,05 e 0,10 m, respectivamente;

X e Y = constantes fornecidas pelo fabricante do permeâmetro.

No caso do permeâmetro utilizado, as constantes X e Y são respectivamente 35,22 para o reservatório combinado e 2,15 para o interno.

A análise textural foi realizada pelo método da pipeta, baseado no princípio da velocidade de queda das partículas, conforme a Lei de Stokes, utilizando-se como dispersante químico o hidróxido de sódio a $0,1 mol L^{-1}$ (EMBRAPA, 1997) (Tabela 1).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Além disso, para verificar relações entre algumas variáveis, foi realizada complementarmente correlação linear de Pearson.

TABELA 1 - Valores médios de areia grossa, fina, silte e argila nas duas posições, quatro camadas e três talhões.

Talhão	Posição	Camada (m)	Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Silte
			g kg ⁻¹			
T11	P1	0,00-0,20	622	145	221	12
		0,20-0,40	381	192	420	7
		0,40-0,60	345	159	489	7
		0,60-0,80	320	165	504	12
	P2	0,00-0,20	619	156	219	6
		0,20-0,40	442	181	362	15
		0,40-0,60	310	153	518	19
		0,60-0,80	306	152	534	7
T7	P1	0,00-0,20	570	165	251	14
		0,20-0,40	445	191	349	15
		0,40-0,60	362	177	448	13
		0,60-0,80	323	145	520	12
	P2	0,00-0,20	577	165	244	13
		0,20-0,40	450	159	381	10
		0,40-0,60	363	157	474	6
		0,60-0,80	353	140	502	5
T3	P1	0,00-0,20	547	179	260	14
		0,20-0,40	422	184	374	20
		0,40-0,60	373	158	459	10
		0,60-0,80	307	140	537	16
	P2	0,00-0,20	675	119	186	20
		0,20-0,40	515	179	292	13
		0,40-0,60	362	148	481	9
		0,60-0,80	354	129	508	8

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve aumento da microporosidade em profundidade, com diminuição da macroporosidade proporcionada pelo aumento da densidade do solo, comprovando que, no processo de compactação, ocorre a transformação de macro em microporos resultados que corroboram com Souza et al. (2010), porém não houve diferença estatística entre as posições estudadas (Tabela 2).

No ajuste das curvas de retenção de água, o modelo de Van Genuchten apresentou alto poder explicativo, com coeficiente de determinação (R^2) acima de 98% para todos os talhões estudados. Portanto, o modelo de Van Genuchten caracteriza bem a relação entre o conteúdo de água no solo

dentro do intervalo de potencial matricial avaliado.

No T11(11 anos), as curvas apresentaram comportamento semelhante para as camadas de 0,00-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60, 0,60-0,80 m, onde P1 apresentou maior conteúdo de água retido na CC (pF 2,0 = 10 kPa), em relação ao P2 e uma maior inclinação da curva nas baixas tensões, favorecendo assim a maior água disponível especialmente na camada 0,00-0,20 m. O PMP (pF 4,2 = 1500 kPa) apresentou-se praticamente igual para todas as camadas. O aumento da água disponível verificado nesse talhão nas camadas de 0,00-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, deve-se ao maior conteúdo de água retido nessas camadas no P1, em relação ao P2 (Figura 1 e Tabela 3).

TABELA 2 - Densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), microporosidade (MICRO) e macroporosidade (MACRO), determinados na linha (P1) e na entrelinha (P2), em quatro camadas de amostragem, em três talhões de produção de café Conilon, T11 (11 anos), T7 (7 anos) e T3 (3 anos).

Talhão	Camada (m)	Atributos Físicos do solo															
		Ds (g cm ⁻³)		PT (m ³ m ⁻³)		MACRO (m ³ m ⁻³)		MICRO (m ³ m ⁻³)									
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2								
T11	0,00-0,20	1,36	Bb	1,53	Aa	43,85	Aa	40,32	Aa	19,83	Ba	22,42	Aa	24,02	Ba	17,90	Bb
	0,20-0,40	1,51	Ba	1,61	Aa	44,68	Aa	39,75	Ab	20,21	Ba	17,35	Aa	24,47	Ba	22,40	Ba
	0,40-0,60	1,72	Aa	1,60	Aa	38,41	Ba	39,62	Aa	9,06	Ca	11,54	Ba	29,34	Aa	28,08	Aa
	0,60-0,80	1,66	Aa	1,66	Aa	39,21	Ba	40,93	Aa	9,51	Ca	11,38	Ba	29,70	Aa	29,54	Aa
T7	0,00-0,20	1,38	Bb	1,60	Aa	48,84	Aa	36,65	Ab	28,52	Aa	18,72	Ab	20,31	Ba	17,93	Ba
	0,20-0,40	1,39	Bb	1,67	Aa	48,13	Aa	39,24	Ab	28,53	Aa	15,78	Bb	19,59	Ba	23,46	Ba
	0,40-0,60	1,46	Bb	1,67	Aa	47,14	Aa	40,81	Ab	23,67	Ba	12,73	Bb	23,46	Ba	28,07	Aa
	0,60-0,80	1,66	Aa	1,62	Aa	39,09	Bb	46,41	Aa	10,72	Ca	12,30	Ba	28,36	Aa	34,11	Aa
T3	0,00-0,20	1,45	Bb	1,67	Aa	46,85	Aa	42,56	Aa	27,73	Aa	22,83	Aa	19,11	Ba	19,68	Ba
	0,20-0,40	1,58	Ab	1,72	Aa	47,17	Aa	38,67	Ab	22,71	Ba	15,38	Bb	24,46	Ba	23,29	Ba
	0,40-0,60	1,66	Aa	1,60	Aa	41,76	Ba	41,19	Aa	14,45	Ca	14,26	Ba	27,31	Aa	26,92	Aa
	0,60-0,80	1,67	Aa	1,75	Aa	40,63	Ba	41,61	Aa	10,57	Ca	10,46	Ba	30,05	Aa	31,15	Aa

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Coeficiente de variação (CV%) da Densidade do solo, Porosidade Total, Macroporosidade e Microporosidade, 4,35%, 6,06%, 26,33% e 14,17%, respectivamente.

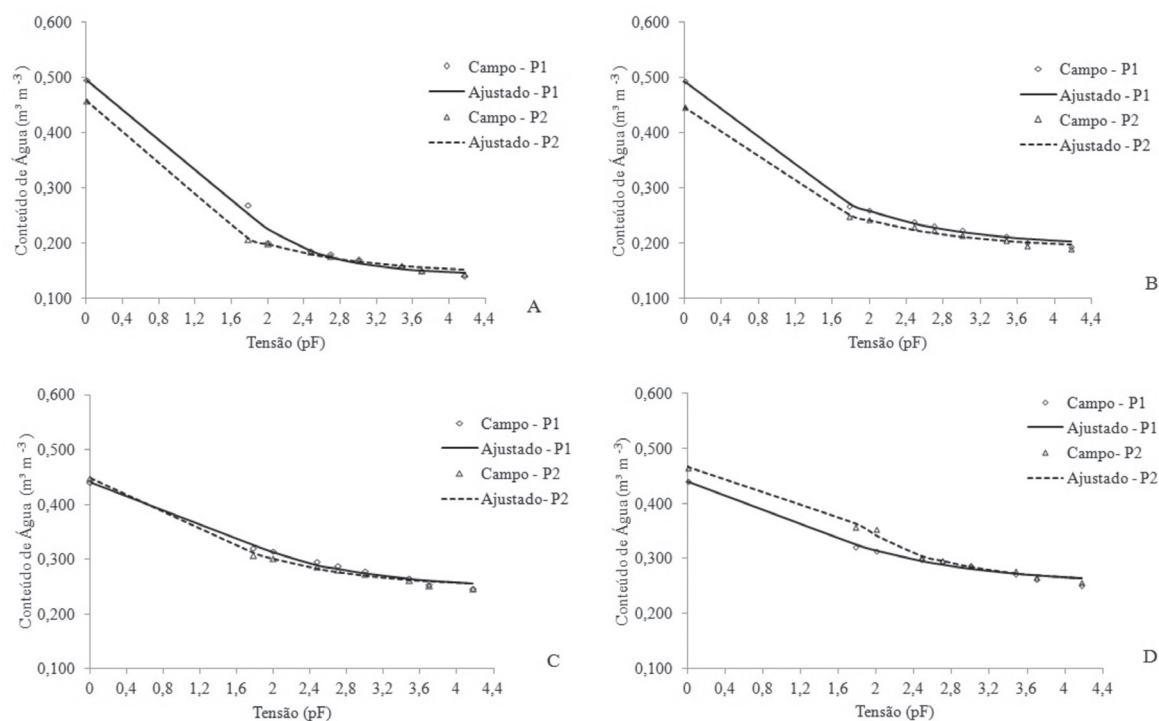


FIGURA 1 - Curvas de retenção de água no solo do T11 em duas posições P1 (linha) e P2 (entrelinha) em quatro camadas 0,00-0,20 m (A), 0,20-0,40 m (B), 0,40-0,60 m (C) e 0,60-0,80 m (D).

TABELA 3 - Médias da água disponível (AD) e Água prontamente disponível (APD) em duas posições P1 (linha) e P2 (entrelinha) e quatro camadas, com relação a talhões com três idades, T11 (11 anos), T7 (7 anos) e T3 (3 anos).

Camada (m)	T11		T7		T3	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
AD (mm cm ⁻¹)						
0,00-0,20	0,794	0,462	0,550	0,540	0,575	0,556
0,20-0,40	0,555	0,441	0,563	0,523	0,610	0,595
0,40-0,60	0,567	0,453	0,593	0,604	0,636	0,563
0,60-0,80	0,511	0,466	0,575	0,645	0,538	0,557
APD (mm cm ⁻¹)						
0,00-0,20	0,621	0,314	0,380	0,368	0,404	0,383
0,20-0,40	0,383	0,299	0,399	0,359	0,424	0,407
0,40-0,60	0,383	0,310	0,430	0,415	0,454	0,397
0,60-0,80	0,336	0,310	0,405	0,464	0,371	0,386

No T7 (7 anos), as curvas apresentaram maior conteúdo de água retida no P2, em todas as tensões avaliadas nas camadas de 0,20-0,80 m em relação ao P1, fato esse relacionado a uma maior microporosidade nessas camadas, proporcionando uma maior retenção de água nesse ponto em relação ao P1. A camada de 0,00-0,20 m apresentou

comportamento inverso com uma menor microporosidade em P2. A camada de 0,20-0,40 m, apesar de apresentar maior conteúdo de água retida em P2, a maior inclinação da curva no P1, proporcionou um maior conteúdo de água retida nas baixas tensões, favorecendo uma maior água disponível nessa camada (Tabela 3).

Assim como no T11, a camada de 0,00-0,20 m apresentou maior água disponível no P1 e menor na camada de 0,60-0,80 m (Figura 2 e Tabela 3). A camada de 0,40-0,60 m apresentou um comportamento semelhante entre as curvas, proporcionando uma pequena diferença entre o P1 e P2.

O T3 (3 anos) apresentou maior água disponível em P1 nas camadas de 0,00-0,60 m, devido à maior retenção de água, em tensões menores (Figura 3 e Tabela 3). A camada 0,60-0,80 m apresentou resultados semelhantes em T11 e T7. A camada de 0,20-0,40 m apresentou uma pequena diferença de água disponível entre as posições. Os resultados aqui mostram que o efeito do revolvimento do solo proporcionou um aumento do conteúdo de água retido a baixas tensões, levando a uma maior água disponível para planta no P1, pois em camadas compactadas a disponibilidade de água é reduzida, como relatado por Goedert, Schermack e Freitas (2002), Kiliç, Özgöz e Akbaâ (2004) e Megda et al. (2008).

O conteúdo de água prontamente disponível (APD) para as plantas foi superior no P1, com relação ao P2, na camada de 0,00-0,60 m (Tabela 3). Tal fato é importante, pois no P1 encontram-se raízes absorventes, possibilitando assim um aproveitamento da água em períodos de

déficit hídrico. O aumento da água prontamente disponível (APD) em P1 está relacionado a modificações na capacidade de campo, conforme relatado por Costa et al. (2009).

Os valores das condutividades hidráulicas apresentaram diferenças estatísticas entre as posições estudadas nas camadas de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m (Tabela 4). Observou-se um decréscimo acentuado da condutividade hidráulica com o aumento da profundidade, sendo que no P1 as camadas de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m apresentaram maiores valores de Ksat diferindo entre si e das demais camadas e, para P2 apenas a camada de 0,00-0,20 m apresentou maior Ksat diferindo das demais camadas. Não houve diferença entre os talhões estudados tanto para P1 e P2, existindo apenas entre os pontos. Portanto, esse solo apresenta originalmente (P2) uma grande redução da Ksat com o aumento da profundidade, devido à presença de horizonte B coeso, característico de solos de Tabuleiros Costeiros, como os que ocorrem na região de São Mateus, ES. Esses horizontes têm início a uma profundidade média entre de 0,35 a 0,60 m e são caracterizados por incremento no teor de argila, o que pode chegar a enquadrá-los na classe dos Argissolos ou permanecerem como os Latossolos, ambos Amarelos.

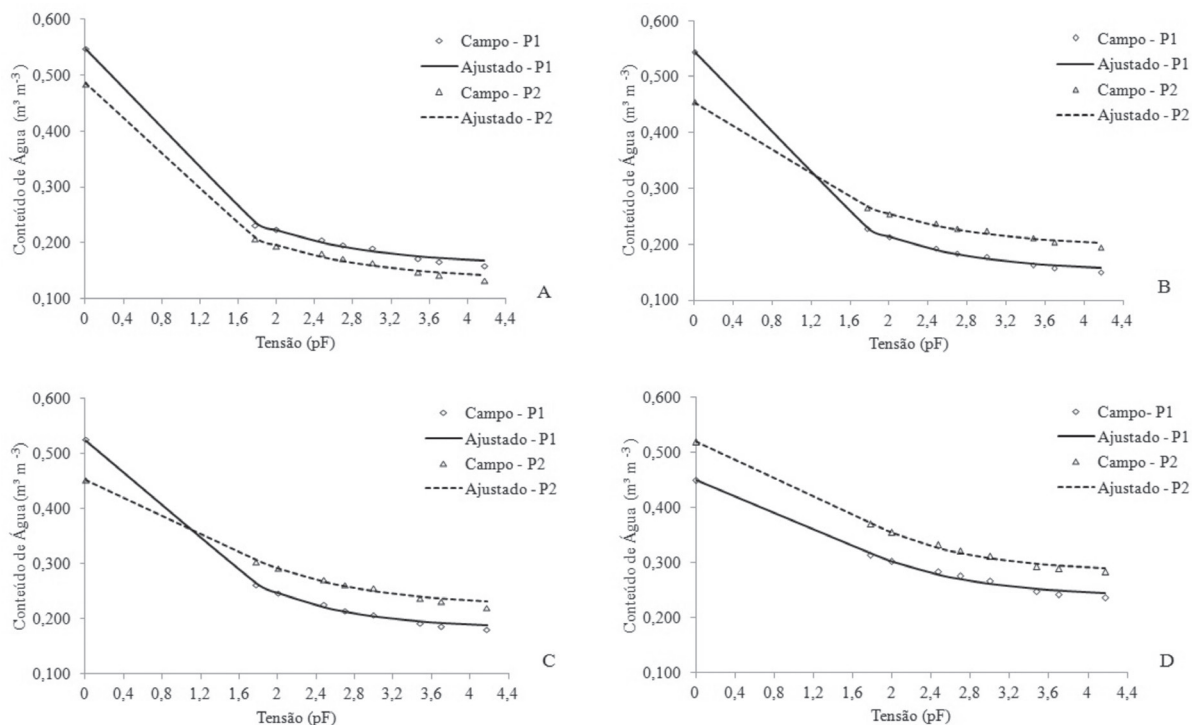


FIGURA 2 - Curvas de retenção de água no solo do T7 em duas posições P1 (linha) e P2 (entrelinha) em quatro camadas 0,00-0,20 m (A), 0,20-0,40 m (B), 0,40-0,60 m (C) e 0,60-0,80 m (D).

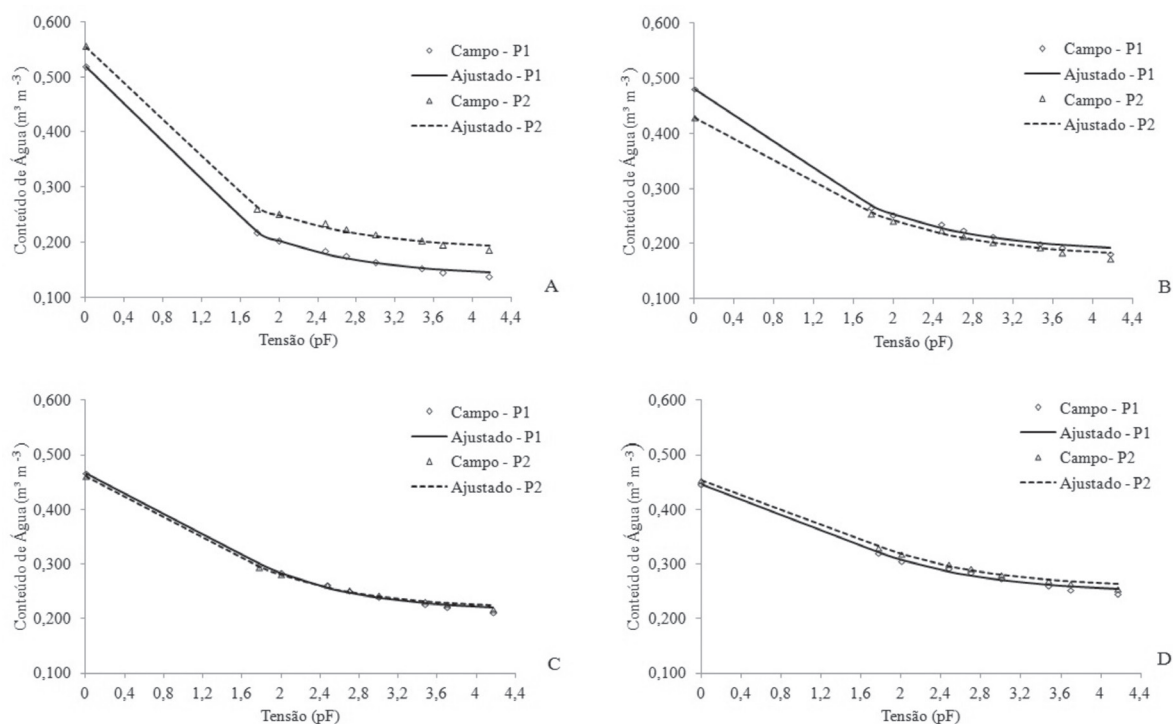


FIGURA 3 - Curvas de retenção de água no solo do T3 em duas posições P1 (linha) e P2 (entrelinha) em quatro camadas 0,00-0,20 m (A), 0,20-0,40 m (B), 0,40-0,60 m (C) e 0,60-0,80 m (D).

TABELA 4 - Condutividade hidráulica do solo determinada na linha (P1) e na entrelinha (P2), em quatro camadas de amostragem, na média de três talhões de produção de café Conilon.

Camada (m)	Condutividade hidráulica do solo (mm h ⁻¹)	
	P1	P2
0,00-0,20	391,88 Aa	147,13 Ab
0,20-0,40	151,91 Ba	3,55 Bb
0,40-0,60	4,96 Ca	0,84 Ba
0,60-0,80	0,50 Ca	0,28 Ba

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Coeficiente de variação (CV%) da Ksat 43,61%.

O preparo do solo, com subsolagem, por sua vez, possibilitou um aumento significativo da Ksat (P1), notadamente na camada de 0,20-0,40 m, efeito esse resultante do aumento da porosidade total proporcionado pelo preparo do solo e até mesmo também pelas raízes, com possível desenvolvimento de bioporos no solo com o tempo.

Na Tabela 5, pode-se observar um comportamento semelhante para todos os talhões, posições e camadas estudadas nesse trabalho. A camada de 0,00-0,20 m para T11 apresentou a maior Ksat do solo, fato que pode estar relacionado com uma melhor estruturação do solo nessa camada. Trabalhos de Mentges et al. (2010) e Vieira e Klein (2007) corroboram os resultados desse trabalho em que o revolvimento do solo, trabalhando com Argissolo

compactado proporcionou aumento na Ksat. Os macroporos aumentam a condutividade hidráulica do solo, proporcionando uma rápida drenagem do solo, combinando essa característica com uma maior retenção de água no solo, proporcionando assim um melhor aproveitamento da água proveniente da irrigação ou chuva.

Analisando a porosidade do solo, observou-se que o P1 apresentou valores de correlação superiores ao P2 (Figura 4 e 5) e que PT em P2, apesar de não significativa, também exibe tendência de correlação negativa com Ksat, fato esse que pode estar relacionado a um maior incremento de microporosidade na PT nesse ponto, reduzindo assim a condutividade do solo, com aumento da porosidade total.

TABELA 5 - Condutividade hidráulica do solo determinada na linha (P1) e na entrelinha (P2), em quatro camadas de amostragem, em três talhões de produção de café Conilon, T11 (11 anos), T7 (7 anos) e T3 (3 anos).

Talhão	Camada (m)	Condutividade hidráulica do solo (mm h ⁻¹)	
		P1	P2
T11	0,00-0,20	407,25 Aa	124,50 Ab
	0,20-0,40	144,94 Ba	2,79 Bb
	0,40-0,60	4,47 Ca	0,70 Ba
	0,60-0,80	0,42 Ca	0,28 Ba
T7	0,00-0,20	373,18 Aa	163,33 Ab
	0,20-0,40	149,75 Ba	3,28 Bb
	0,40-0,60	4,85 Ca	0,92 Ba
	0,60-0,80	0,52 Ca	0,29 Ba
T3	0,00-0,20	395,23 Aa	153,56 Ab
	0,20-0,40	161,03 Ba	4,59 Bb
	0,40-0,60	5,56 Ca	0,91 Ba
	0,60-0,80	0,55 Ca	0,28 Ba

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Coeficiente de variação (CV%) da Ksat 43,61%.

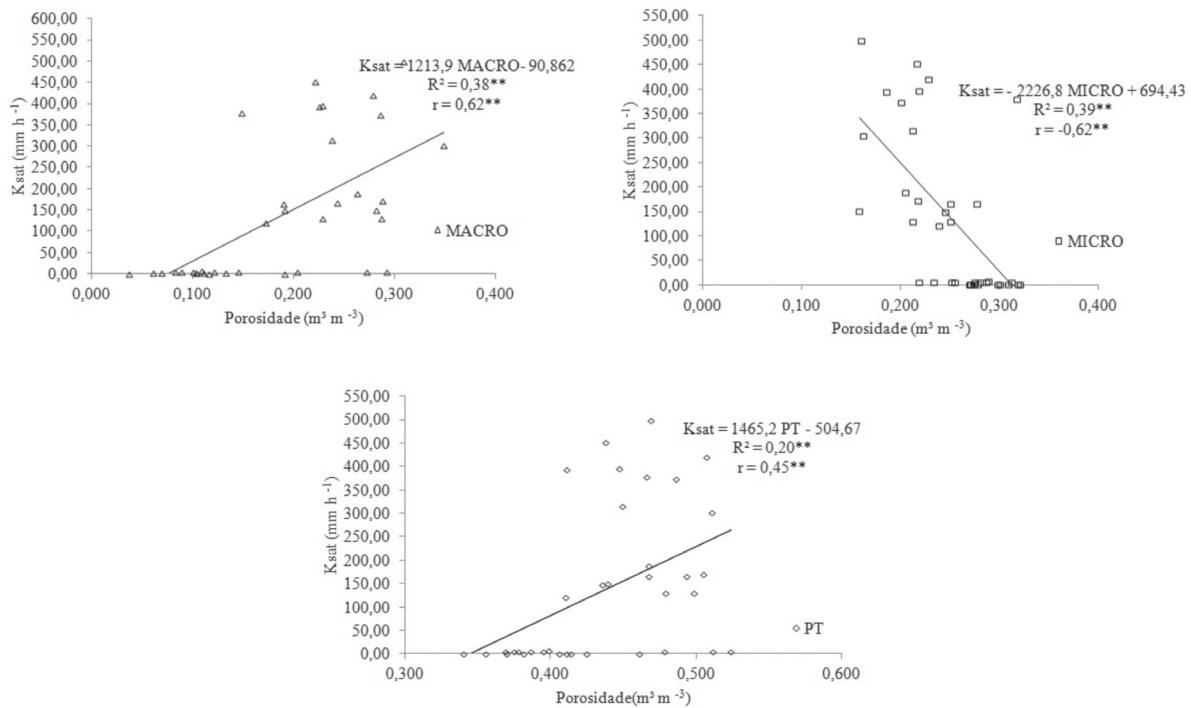


FIGURA 4 - Correlação de Pearson e regressão linear entre condutividade hidráulica do solo (Ksat) e porosidade total (PT), macroporosidade (MACRO) e microporosidade (MICRO) no P1. (r ** * : Significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de t, R² ** * : Significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F).

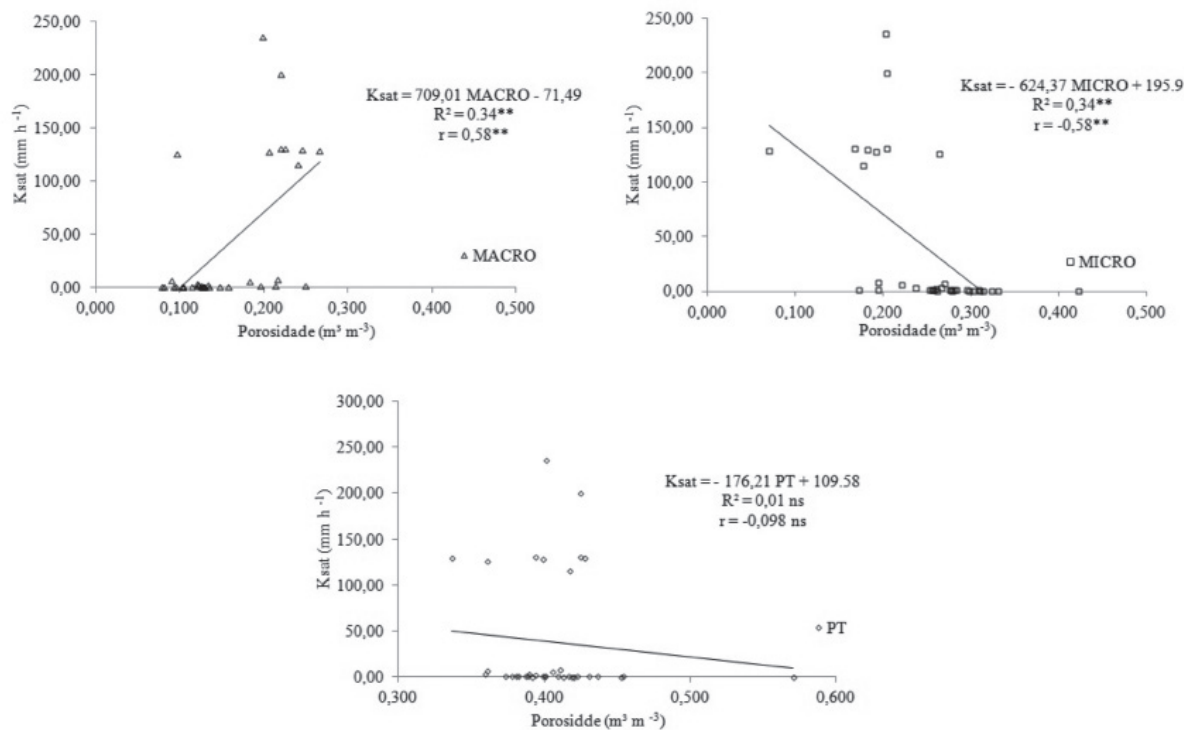


FIGURA 5 - Correlação de Pearson e regressão linear entre condutividade hidráulica do solo (K_{sat}) e porosidade total (PT), macroporosidade (MACRO) e microporosidade (MICRO) no P2. (r^{***} : Significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de t, R^2^{***} : Significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F).

4 CONCLUSÕES

A subsolagem aumentou a água disponível no solo, na camada de 0,00-0,60 m, em relação à entrelinha do cafeeiro;

A subsolagem proporcionou uma maior retenção de água em baixas tensões, como também o aumento da condutividade hidráulica do solo, apresentando correlação negativa para microporosidade e positiva para porosidade total e macroporosidade do solo;

O efeito da subsolagem na capacidade de retenção de água no solo e a condutividade hidráulica do solo não variaram para o fator tempo após preparo do solo estudado, indicando persistência das melhorias do solo obtidas com a subsolagem.

5 REFERÊNCIAS

AJAYI, A. E. et al. Strength properties and compaction susceptibility of Brazilian Latosols. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 122-127, 2009.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. **Determinação da curva de retenção de água no solo em laboratório**. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2007. 2 p. Folder.

BARRETO, H. B. F. et al. Análises de indicadores de retenção e armazenamento de água no solo do perímetro irrigado Gorutuba, em Janaúba, MG. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 5, p. 189-192, 2011.

BEUTLER, A. N. et al. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 829-834, 2002.

BONOMO, D. Z. et al. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 157-169, 2013.

CORTEZ, J. W. et al. Atributos físicos do argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1207-1216, 2011.

COSTA, A. et al. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 235-244, 2009.

- DOURADO NETO, D. et al. **Programa para confecção da curva de retenção de água no solo, modelo Van Genuchten: Soil Water Retention Curve, SWRC. Version 3,00 beta.** Piracicaba: USP, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- _____. **Sistema brasileiro de classificação dos solos.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.
- GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M. J.; FREITAS, F. C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 223-227, fev. 2002.
- HILLEL, D. **Introduction to soil physics.** San Diego: Academic, 1982. 364 p.
- KILIÇ, K.; ÖZGÖZ, E.; AKBAÂ, F. Assessment of spatial variability in penetration resistance as related to some soil physical properties of two uvents in Turkey. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, n. 2, p. 1-11, 2004.
- MEGDA, M. M. et al. Correlação linear e espacial entre a produtividade de feijão e a porosidade de um Latossolo Vermelho de Selvíria, MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 781-788, 2008.
- MENTGES, M. I. et al. Propriedades físico-hídricas do solo e demanda energética de haste escarificadora em Argissolo compactado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 315-321, mar. 2010.
- MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**, Washington, v. 12, n. 3, p. 513-522, 1976.
- NASCIMENTO, P. S. et al. Estudo comparativo de métodos para a determinação da curva de retenção de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 2, p. 193-207, 2010.
- REATTO, A. et al. Hydraulic properties of the diagnostic horizon of Latosols of a regional toposequencia across the Brazilian central platea. **Geoderma**, Amsterdam, v. 139, n. 1/2, p. 251-259, 2007.
- SERAFIM, M. E. et al. Disponibilidade hídrica e distinção da ambientes para cultivo de cafeeiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 362-370, 2013.
- SILVA, J. R. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, T. E. M. Caracterização física e hidráulica de solos em bacias experimentais do semiárido brasileiro, sob manejo conservacionista. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 27-36, 2012.
- SOIL MOISTURE EQUIPAMENT CORP. **Guelph permeameter model 2800K 1: operating instructions.** Santa Bárbara, 2005.
- SOUZA, F. R. S. et al. Atributos físicos e desempenho agrônômico da cultura da soja em um Latossolo Vermelho distroférico submetido a dois sistemas de manejos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1357-1364, nov./dez. 2010.
- TREVISAN, R. et al. Condutividade hidráulica do solo saturado na zona vadosa in situ e em laboratório. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 413-422, 2009.
- VIEIRA, M. L.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1271-1280, 2007.