

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES LÂMINAS D'ÁGUA NA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO *IN SITU*.

Marta Vasconcelos Ottoni¹; Muriel Batista de Oliveira²; Alex Guimarães Marinho³; Theophilo Benedicto Ottoni Filho⁴ & José Ronaldo de Macedo⁵.

RESUMO

Este trabalho testou a influência de diferentes lâminas d'água na determinação da capacidade de campo *in situ*. Foram aplicadas três lâminas (100mm, 200mm e 300mm) em cada tabuleiro de inundação, em seis solos localizados no município de São José de Ubá, no noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Verificou-se uma forte identidade entre os conteúdos de água na capacidade de campo no perfil com 70cm de profundidade, para as lâminas de 200mm e 300mm, sem diferenças ao nível de significância de 1% e 5%, o que não aconteceu com a comparação envolvendo as lâminas de 200mm e 100mm. Adicionalmente, comparou-se as três lâminas aplicadas com aquelas necessárias para saturar os perfis. Constatou-se que 200mm e 300mm foram suficientes para saturar os perfis, com exceção do solo 4, no caso da lâmina de 200mm. A saturação não foi confirmada no umedecimento com 100mm. Os resultados sugerem que a lâmina de 200mm possa ser padronizada nos testes de capacidade de campo.

ABSTRACT: INFLUENCE OF DIFFERENT WATER DEPTH APPLICATIONS ON THE DETERMINATION OF FIELD CAPACITY *IN SITU*.

This article tests the influence of different water depths on the determination of field capacity *in situ*. Three water depths (100mm, 200mm and 300mm) were applied in each flooding basin, in six soils of the São José de Ubá County, in the Northwest of the Rio de Janeiro State. Strong identification was found between field capacities in the 70cm depth soil profile, for the 200mm and 300mm water depths, without significant differences at the 1% and 5% levels, which does not happen in the comparison involving the 200mm and 100mm water depths. In addition, the three applied water depths were compared with those necessary to saturate the profiles. It was found that the 200mm and 300mm water depths saturate the profiles, with exception of soil 4, in the case of the 200mm water depth. Saturation was not confirmed with the 100mm wetting. The results suggest that the 200mm water depth can be used as a standard in field capacity tests.

PALAVRAS – CHAVE: Capacidade de campo, lâminas d'água.

¹ Eng. Civil. Aluna de Mestrado do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ: (21) 2562-7997, mar025@ig.com.br. Av. Brigadeiro Trompowski, s/nº, Prédio do Centro de Tecnologia, Bloco D, 2º andar, sala 204. Cidade Universitária. Rio de Janeiro/RJ. CEP 21941-590.

² Eng. Civil. Aluna de Mestrado do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ: (21) 2562-7997, muriel@coc.ufrj.br. Av. Brigadeiro Trompowski, s/nº, Prédio do Centro de Tecnologia, Bloco D, 2º andar, sala 204. Cidade Universitária. Rio de Janeiro/RJ. CEP 21941-590.

³ Técnico Agrônomo, bolsista DTI-A/CNPq, Embrapa-Centro nacional de Pesquisa de Solos (CNPq). (21) 2274-4999, jrmacedo@cnps.embrapa.br, R. Jardim Botânico, 1.024, Rio de Janeiro, RJ. CEP 22460-000.

⁴ Eng. Civil, Ph.D, Professor do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. (21) 2562-7997, drhima@civil.ee.ufrj.br, Av. Brigadeiro Trompowski, s/nº, Prédio do Centro de Tecnologia, Bloco D, 2º andar, sala 204. Cidade Universitária. Rio de Janeiro/RJ. CEP 21941-590.

⁵ Eng. Agr., Dr. Embrapa-Centro nacional de Pesquisa de Solos (CNPq). (21) 2274-4999, jrmacedo@cnps.embrapa.br, R. Jardim Botânico, 1.024, Rio de Janeiro, RJ. CEP 22460-000.

INTRODUÇÃO

A matriz porosa do solo é formada por uma complexa distribuição de partículas com diferentes tamanhos que, arrançadas de variadas maneiras, dão origem a estrutura dos solos (Reichardt) [1]. Nesta matriz sólida, estão os espaços vazios, denominados poros, onde são armazenados a água e ar, de vital utilidade para a produção vegetal, e onde ocorrem os processos dinâmicos do solo. Estes dois fluidos, por ocuparem o mesmo espaço, competem entre si, sendo recomendável a manutenção do balanço adequado entre a porção dos poros ocupada pela água e ar, de maneira a garantir as condições ideais para as rizosferas das plantas (Reichardt) [1]. Os índices que indiretamente caracterizam a quantidade de ar e água disponíveis no solo são a porosidade total, o conteúdo de água na capacidade de campo e o ponto de murcha. São as diferenças entre o primeiro e o segundo, e entre os dois últimos que vão definir, respectivamente, os limites disponíveis mínimo de ar e máximo de água considerados nos projetos de irrigação e drenagem, sendo denominados nesta mesma seqüência, de porosidade drenável e água disponível.

A porosidade total e o ponto de murcha são valores rotineiramente determinados, em laboratório, a partir de amostras indeformadas (Embrapa) [2].

No que se refere à capacidade de campo, tanto seu conceito como sua determinação têm sido amplamente discutidos (Kutilek et al. [3]; Reichardt [4]; Hillel [5]), de maneira a obter um valor que represente, com um certo nível de confiança, o limite máximo de água disponível no solo. Entre as primeiras definições, àquela de principal contribuição foi a de Veihmeyer & Hendrickson [6,7]. De acordo com esses autores, a capacidade de campo é a “quantidade de água retida pelo solo depois que o excesso tenha drenado e a taxa de movimento descendente tenha decrescido acentuadamente, o que geralmente ocorre dois a três dias depois de uma chuva ou irrigação em solos permeáveis de estrutura e textura uniforme”.

Os procedimentos normalmente adotados para a determinação da capacidade de campo podem ser agrupados de duas formas: os indiretos, sendo estes subdivididos em métodos de laboratório ou de determinação por pedofunções⁶, e o método direto *in situ*. Em laboratório, a umidade da capacidade de campo é associada a um determinado potencial matricial de água⁷, sendo comumente adotado o de 0,033 MPa, ou a um teor de água retida por uma amostra previamente saturada, após ter sido submetida a uma força centrífuga 1.000 vezes a da gravidade. Hillel [5] afirma que nenhum método de laboratório é capaz de representar a dinâmica de água no perfil, ressaltando que o conteúdo de água relativo ao potencial de 0,033 MPa ou de 0,01 MPa é correlacionável com a umidade da capacidade de campo, mas não sendo a capacidade de campo em

⁶ Equações que determinam a capacidade de campo, a partir de outras propriedades do solo.

⁷ A validade deste método é questionada por CAVAZZA, L.; COMEGNA, V. & LINSALATA, D. Correlation of field capacity between field and laboratory determinations. In: HADAS, A., ed. Physical aspects of soil water and salts in ecosystems. New York, 1973. p.187-193. (Ecological Studies, 4); HADAS, A.D. Water retention and flow in soils. In: YARON, B., 5ed. Arid zone irrigation. New York, 1973. p.89-109. (Ecological

si, confirmando a necessidade da sua mensuração direta. Apesar dos inconvenientes dos métodos indiretos, todos são tentativas de eliminar as dificuldades práticas dos procedimentos *in situ*.

A determinação direta da capacidade de campo *in situ*, consiste na aplicação de uma lâmina d'água por inundação, numa área delimitada, para garantir o molhamento pleno do perfil de solo, com posterior proteção superficial da região umedecida, para evitar a perda de água por evaporação ou a adição por ocorrência de chuvas. A umidade da capacidade de campo, por profundidade, é normalmente obtida após dois a quatro dias da completa infiltração da lâmina aplicada. Os métodos *in situ* usuais são descritos pela Embrapa [8] e Cassel & Nielsen [9].

Apesar das determinações *in situ* serem as que mais representam o conceito de capacidade de campo, elas são sujeitas a críticas (Reichardt [4]; Hillel [5]; Cassel & Nielsen [9]; Bayer et al. [10]; Fabian & Ottoni Filho [11]), principalmente no que se refere às condições iniciais de umidade do solo, antes da realização do teste, à área mínima do tabuleiro, ao tempo ideal de medição após a infiltração e, finalmente, à lâmina d'água a ser aplicada.

No que diz respeito às condições iniciais do solo, Hillel [5] afirma que quanto mais úmido inicialmente estiver o solo e quanto maior for a lâmina de molhamento, mais lenta será a taxa de redistribuição e maior será a capacidade de campo. Desta forma, recomenda-se a realização do teste *in situ* em solos secos (também porque no período seco é menor a possibilidade de ocorrência de chuvas).

Em vista das dificuldades operacionais dos testes, Fabian & Ottoni Filho [11] avaliaram uma área mínima para aplicação de água. O estudo comparou a capacidade de campo por dois processos *in situ*, aquele preconizado pela Embrapa [8], onde o tabuleiro é de 1m², e pela câmara de fluxo, onde a área é de 0,50 m². Os resultados mostraram uma equivalência entre os dados obtidos pelos dois procedimentos, sugerindo então, a possibilidade da redução do tamanho do tabuleiro definido pela Embrapa [8].

No que tange ao tempo para medição da capacidade de campo várias críticas foram levantadas. Reichardt [4] afirma que o fluxo de drenagem interna, variável que depende da condutividade hidráulica e do gradiente do potencial hidráulico, nunca cessa completamente. Isto ocorre pois o gradiente se reduz em tempos relativamente longos, de até meses, enquanto que a condutividade decresce acentuadamente em períodos relativamente curtos, de dois a três dias. Desta forma, a seleção de um tempo ideal para a mensuração da capacidade de campo se torna problemática. No entanto, o autor sugere que esta escolha seja feita dependendo do interesse prático que se quer dar à determinação. Normalmente se utiliza o tempo de 2 a 5 dias (Kiehl) [12]. A recomendação clássica é que seja de 2 dias para solos arenosos e de 3 dias para solos argilosos.

Por causa dos inconvenientes citados na metodologia de determinação *in situ* da capacidade de campo, Ottoni Filho [13] sugere que os procedimentos sejam o máximo padronizados, como a realização do teste durante a estação seca e o tempo de amostragem de 48h após o término da inundação, sendo usuais estes procedimentos. A Embrapa [8] recomenda que se meçam as variações de umidades no perfil até que se confirme que elas sejam mínimas, o que é um complicador já que são requeridas determinações de umidade em diversos tempos (de 24 em 24h).

Quanto à lâmina d'água a aplicar, o método da Embrapa [8] define que deve ser aquela suficiente para saturar o perfil até a profundidade desejada. Esta lâmina é obtida pela diferença entre a porosidade total e a umidade inicial do solo, integrada ao longo do perfil, adicionando uma quantidade de água relativa às perdas laterais oriundas dos fluxos horizontais. Tais fluxos são provenientes dos gradientes de pressão entre o solo úmido sob o tabuleiro e aquele mais seco circundante. No entanto, não se sabe *a priori* o valor da porosidade e da umidade inicial, considerando que normalmente não se realizam análises do solo previamente aos testes, como também não se conhece o tamanho das perdas laterais. Nesse sentido, torna-se desejável também a aplicação de uma lâmina d'água padronizada nos testes. Alguns trabalhos (Fabian & Ottoni Filho [11]; Medina & Oliveira [14]; Borges & Medina [15]; Oliveira & Melo [16]; Rivers & Shipp [17]; Maclean & Yager [18]) citam a quantidade de água aplicada, mas sem a preocupação em buscar um valor padrão, o que acarreta, em alguns casos, a adição de volumes consideráveis de água, dificultando a viabilização dos testes *in situ*.

O objetivo deste trabalho é testar a influência de diferentes lâminas d'água aplicadas, nos valores de capacidade de campo, na busca de uma metodologia padronizada de aplicação de água nos testes *in situ*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os testes de capacidade de campo *in situ*, foram realizados segundo o método estabelecido pela Embrapa [8], com aplicação de 3 lâminas d'água em 6 solos do município de São José de Ubá, no noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Na Figura 1 e Tabela 1 são apresentadas, respectivamente, a localização do município, inserido na bacia hidrográfica do rio São Domingos, e uma descrição dos solos estudados.

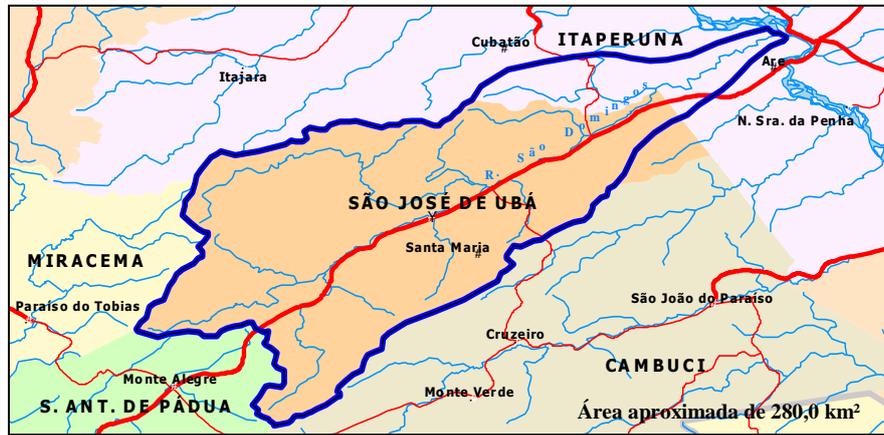


Figura 1⁸ – Bacia do rio São Domingos, São José de Ubá, RJ

Tabela 1 – Descrição dos solos estudados.

Número	Classe do Solo**	Relevo	VIB (cm/h) *	Classe de drenagem quanto a velocidade de infiltração básica
1	Cambissolo Gleico Ap (0-27) franco arenoso Bi1 (27-43) franco arenoso Bi2 (43-70) franco arenoso	Plano	0,3825	lento
2	Argissolo Vermelho-Amarelo Ap (0-11) franco argilo-arenoso Bt (11-36) franco argiloso C/CR (36-60) franco argilo-arenoso	Suavemente Ondulado	2,1925	moderado
3	Gleissolo A (0-23) franco argilo-arenoso CA (23-50) argila C1 (50-70) argila	Plano	0,5500	Moderadamente lento
4	Argissolo Vermelho-Amarelo A (0-23) franco arenoso BA (23-36) franco argilo-arenoso Bt1 (36-59) argila Bt2 (59-70) argila	Ondulado	1,0000	Moderadamente lento
5	Cambissolo A (0-20) franco argilo-arenoso Bi (20-34) argila C/CR (34-70) franco arenoso	Ondulado	1,8850	Moderadamente lento
6	Planossolo Ap (0-22) franco arenoso E (22-31) areia franca Bt1 (31-57) franco arenoso Bt2 (57-76) franco argilo-arenoso	Suavemente Ondulado	7,2375	Moderadamente rápido

*Velocidade de Infiltração básica. Valor obtido quando a taxa de infiltração da água no solo tende a uma constante, ao longo do tempo

** Por classe de solo são descritos os horizontes, suas profundidade (em cm) e classes texturais.

Método direto da capacidade de campo (Embrapa) [8]

Os tabuleiros de inundação, de 1m², foram espaçados no máximo de 1 metro entre si, para minimizar a variabilidade espacial, tendo layout similar a um triângulo (Figura 2), com adição, em cada tabuleiro, de lâminas de 100mm, 200mm e 300mm. Após a água se infiltrar completamente nos três tabuleiros, os terrenos inundados, bem como aqueles circundantes foram cobertos com uma lona plástica para evitar perdas por evaporação ou a adição de água por chuva direta ou pela

⁸ Fonte: Banco de fotos CT-HIDRO/EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2003

percolação horizontal no perímetro dos tabuleiros. Após dois dias, retornou-se à campo para levantamento das umidades volumétricas da capacidade de campo⁹.

Determinação da umidade gravimétrica, volumétrica, densidade do solo e porosidade total

As amostras de solo para determinação da capacidade de campo e densidade do solo, foram retiradas com o anel de Kopecky de 50 cm³ de volume interno, por horizonte, até a profundidade de 70 cm, com uma repetição por tabuleiro, sendo hermeticamente fechadas para evitar perda de umidade durante seu transporte ao laboratório. Adicionalmente, foram levantadas amostras deformadas, com o trado de 3 cm de diâmetro, exatamente ao lado de cada tabuleiro, também em duas repetições e nas mesmas profundidades, visando a determinação da umidade gravimétrica inicial. A umidade volumétrica da capacidade de campo e das condições iniciais foram obtidas, respectivamente, pelo método da pesagem e secagem (Embrapa) [2] e pelo uso da equação 1¹⁰:

$$\theta = \frac{u \cdot D_s}{\rho} \quad (1)$$

sendo u (g/g) a umidade gravimétrica, D_s (g/cm³) a densidade do solo e ρ a massa específica da água.

A porosidade total (PT), por profundidade, foi calculada pela equação 2¹¹:

$$PT = 1 - \frac{D_s}{D_p} \quad (2)$$

assumindo os valores das densidades das partículas (D_p) previamente determinados na área, quando da análise física dos perfis para a classificação dos solos da região.

Comparação dos dados

Visando comparar um a um, os valores de capacidade de campo para a lâmina 200mm, com os das lâminas de 100mm e 300mm, foi utilizado o teste não-paramétrico de Wilcoxon (Zar [19]; Bradley [20]), adotando como níveis de significância 1% e 5%.

⁹ O método direto da Embrapa [8] preconiza que o conteúdo de água da capacidade de campo, por profundidade, deve ser o último valor medido das umidades coletadas de 24 em 24 h, após completa infiltração no tabuleiro, quando foi considerada estabilizada a drenagem interna. No entanto, por questões operacionais, neste trabalho considerou-se a umidade da capacidade de campo, como aquela obtida depois de 2 dias a total infiltração da água adicionada.

¹⁰ Fonte: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

¹¹ Idem.



Figura 2 – Layout dos testes da capacidade de campo *in situ*, em operação no solo 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 3a e 3b são apresentados, os valores da capacidade de campo para lâmina de 200mm em função dos de 100mm e 300mm, com as respectivas equações de regressão das retas passando pela origem, os coeficientes de determinação (R^2), bem como a reta 1:1.

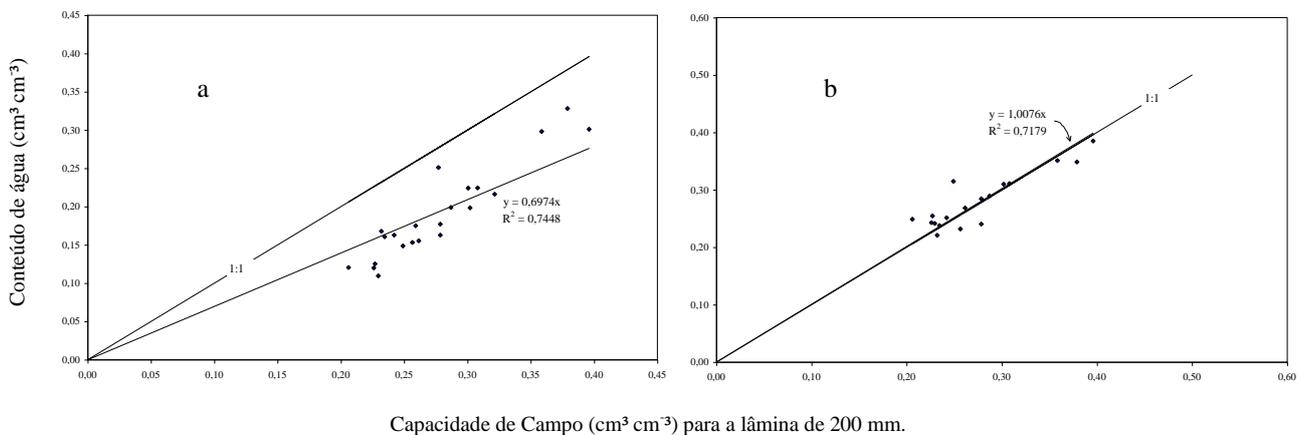


Figura 3 – Relações entre os conteúdos de água na capacidade de campo *in situ* para a lâmina de 200mm, e os de (a) 100mm e (b) 300mm.

O coeficiente da reta de regressão passando pela origem da figura 3b, indicou grande identidade entre os dados, haja vista a proximidade da reta 1:1. No entanto, o mesmo não se observou na figura 3a, onde evidencia-se a tendência das umidades da lâmina de 100mm serem menores que as da lâmina de 200mm.

Paralelamente, aplicou-se o teste de Wilcoxon aos dois conjuntos de dados da Figura 1, nos níveis de probabilidade de 1% e 5% (Tabela 2). O resultado é que não houve diferenças

significativas entre os dados dos testes com as lâminas de 200mm e 300mm (para p=1% e p=5%), sendo discordantes as umidades correspondentes dos testes com as lâminas de 100mm e 200mm (para p=1% e p=5%).

Tabela 2 – Aplicação do teste de Wilcoxon na comparação dos valores dos conteúdos de água para a lâmina de 200mm com os de 100mm e 300mm.

Relações entre lâminas (mm)	Número de pares correlacionados	Teste de Wilcoxon		
		T calculado	T tabelado (5%)	T tabelado (1%)
200 - 100	22	0	65	48
200 - 300	18*	69	40	27

* Foram retirados do estudo, os valores de conteúdo de água do solo 3 para a lâmina de 300 mm, pois houve problemas na execução do teste *in situ*.

Verificou-se, adicionalmente, para cada solo, as lâminas necessárias para saturar o perfil de interesse, 70cm, para os três testes de inundação. Para tanto, calculou-se as diferenças entre os valores médios ponderados das porosidades e umidades volumétricas nas condições iniciais, que, multiplicadas pelo comprimento do perfil, resultaram nas lâminas para saturação. Em seguida, comparou-se estes valores com as respectivas lâminas de 100mm, 200mm e 300 mm (Tabela 3). Constatou-se que 200mm e 300mm foram superiores à suas respectivas lâminas para saturação, com exceção do solo 4¹², no caso da lâmina de 200mm. A saturação não foi confirmada no umedecimento com 100mm, a menos do solo 3.

Tabela 3 – Comparação entre as lâminas para saturação do perfil com 70cm de profundidade e aquelas aplicadas no teste *in situ* de capacidade de campo. São apresentados também os valores dos excedentes de água em percentagem da lâmina aplicada.

Solos	Porosidades (cm ³ .cm ⁻³)*	Umidade Volumétrica nas condições iniciais (cm ³ .cm ⁻³)*			Lâmina d'água para saturar os 700 mm de perfil (mm)			Excedente de água em relação à lâmina aplicada (%)		
					Lâminas (mm)					
		100	200	300	100	200	300	100	200	300
1	0,405	0,186	0,219	0,155	152,8	130,2	175,0	0,0**	34,9	41,7
2	0,395	0,169	0,171	0,173	158,6	157,1	155,8	0,0**	21,5	48,1
3	0,403	0,294	0,235	0,214	75,7	117,1	132,4	24,3	41,5	x
4	0,468	0,195	0,176	0,161	191,2	204,6	215,1	0,0**	0,0**	28,3
5	0,414	0,165	0,144	0,146	174,6	189,1	187,4	0,0**	5,4	37,5
6	0,423	0,245	0,230	0,236	124,4	134,7	131,1	0,0**	32,6	56,3

*Valores médios ponderados para a profundidade de 70 cm, sendo os pesos de ponderação, as espessuras dos horizontes.

** A lâmina aplicada não foi suficiente para saturar o perfil de 70 cm.

x - Dados descartados.

Como os valores da capacidade de campo relativos à lâmina de 200mm não se diferenciaram daqueles da lâmina de 300mm que saturou o perfil de interesse sempre com significativos excedentes hídricos (superiores a 28,3%, segundo a Tabela 3), comprova-se a ineficácia de se utilizar lâminas superiores a 200mm no caso dos solos estudados. Em contrapartida, valores muito inferiores a esta lâmina (próximos ou iguais a 100mm), se mostraram insatisfatórios para o teste de capacidade de campo.

Em vista disto, é sugerida a lâmina de 200mm como valor padrão para saturar o perfil com 70 cm no método direto de capacidade de campo. Outros testes similares com solos diversos, devem ser realizados, de maneira a dar maior validade e precisão quanto à determinação da lâmina adequada a aplicar nos testes *in situ*. Sugere-se complementarmente, o uso da lâmina de 150mm de forma a verificar a performance de um valor ainda menor que 200mm.

CONCLUSÃO

1) Os valores da capacidade de campo no perfil com 70cm de profundidade, para a lâmina aplicada de 200mm, se correlacionaram muito bem na reta 1:1, com aqueles de 300mm, sem diferenças ao nível de significância de 1% e 5%. O mesmo não ocorreu entre os dados relativos às lâminas de 100mm e 200mm.

2) As lâminas de 200mm e 300mm se mostraram satisfatórias para saturar o perfil, com exceção do solo 4, no caso da lâmina de 200mm. A lâmina de 100mm não foi suficiente para a saturação do perfil, a menos do solo 3.

3) Sugere-se a quantidade de 200mm, como valor da lâmina padrão a ser usada nos testes de capacidade de campo *in situ*, recomendando-se estudos adicionais em solos diversos, visando aperfeiçoar e dar mais rigor a esta proposta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisas de Solos, pela sua ajuda financeira e apoio operacional, sem os quais não seria possível a realização dessa pesquisa, ao CNPq, pelas bolsas de mestrado concedidas para as duas primeiras autoras e à Área de Recursos Hídricos do Programa de Engenharia Civil/COPPE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo, Manole, 1990. p.27.

¹² Faltaram apenas 4 mm de água para saturar completamente o perfil do solo 4.

- [2] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- [3] KUTILEK, K. M. & NIELSEN, D. R. Soil Hydrology. Catena Verlag. Cap.6, 1994.
- [4] REICHARDT, K. Capacidade de campo. R. Bras. Ci. Solo, 12:211-216, 1988.
- [5] HILLEL, D. Introduction to soil physics. New York, Academic Press, 1980. p.243-248.
- [6] VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. Methods of measuring field capacity and wilting percentages of soils. Soil Sci., Baltimore, 68:75-94, 1949.
- [7] VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. Soil Sci., Baltimore, 32:181-193, 1931.
- [8] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. 235p.
- [9] CASSEL, D.K. & NIELSEN, D.R. Field capacity and available water capacity. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. Part I. Madison, American Society of Agronomy & Soil Science Society of America, 1986. p.901-924.
- [10] BAYER, G.R.; GARDNER, W.H & GARDNER, W.R. Soil physics. 4. ed. New York, J. Wiley, 1972. 489p.
- [11] FABIAN, A J. & OTTONI FILHO, T.B. Determinação de capacidade de campo “in situ” ou através de equações de regressão. Pesq. Agropec. Bras., 35:1029-1036, 2000.
- [12] KIEHL, E.J. Manual de Edafologia. Ed. Agrômica Ceres. São Paulo, cap.13, 1979.
- [13] OTTONI FILHO, T.B. Uma classificação físico-hídrica dos solos. Ver. Brás. De Ciência do Solo. V.27 p. 211-222. 2003
- [14] MEDINA, B.F. & OLIVEIRA JR., R.C. Relações entre capacidade de campo determinada in situ e em laboratório em Latossolo Amarelo muito argiloso. R. bras. Ci. Solo, 11:91-95, 1987
- [15] BORGES, E.A. & MEDINA, B.F. Correlação entre a capacidade de campo in situ e em laboratório. Agropecuária Técnica. Vol.. 2, No 1, 1981.
- [16] OLIVEIRA, L.B. & MELO, V. Estudo da disponibilidade de água em um solo da Estação Experimental de Itapirema, Pernambuco. Pesq. Agropec. bras., Sér. Agron., 6:31-37, 1971;
- [17] RIVERS, E.D. & SHIPP, R.F. Available water capacity of sandy and gravelly North Dakota soils. Soil Science. Vol. 113, No. 2, 1971;
- [18] MACLEAN, A.H & YAGER, T.U. Available water capacities of zambian soil in relation to pressure plate measurements and particle size analysis. Soil Science. Vol. 113, No 1, 1970.

[19] ZAR, HZ – Biostatistical Analysis. 2^a Ed. New Jersey, Prentice-Hall Inc., P.563, 1984.

[20] BRADLEY, J.V. Distribution-Free Statistical Tests, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 388 pp, 1968.