

MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DA UMIDADE DO SOLO NA CAPACIDADE DE CAMPO

EPITÁCIO JOSÉ DE SOUZA¹, FERNANDO FRANÇA DA CUNHA,²,
FERNANDO FAGNER MAGALHÃES³, THIAGO RAMOS DA SILVA³, MÔNICA
CRISTINA REZENDE ZUFFO BORGES¹ e CASSIANO GARCIA ROQUE²

Recebido em 01.03.2013 e aceito em 23.05.2013.

¹ Mestrando em Agronomia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus de Chapadão do Sul, Cx. P. 112, Chapadão do Sul-MS, CEP: 79560-000. epitacio_jose@hotmail.com; monica.zuffo-borges@ufms.br;

² Doutor. Professor Adjunto. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus de Chapadão do Sul, Cx. P. 112, Chapadão do Sul-MS, CEP: 79560-000. fernando.cunha@ufms.br; cassiano.roque@ufms.br

³ Graduando em Agronomia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus de Chapadão do Sul, Cx. P. 112, Chapadão do Sul-MS, 79560-000. magalhaes.fernandof@gmail.com; thiago.ramosilva10@gmail.com

RESUMO: Objetivou-se no presente trabalho avaliar diferentes metodologias para estimativa da capacidade de campo em diferentes camadas de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em região de Cerrado. A capacidade de campo foi determinada pelo método de campo (Padrão); amostras de solo saturado confinada em proveta obedecendo a massa específica original (PO), solo saturado confinado em proveta apresentando massa específica diferente (PD), curva de tensão da água no solo obtida com pontos de amostra deformada individualizadas por tensão no extrator de pressão (DI), curva de tensão da água no solo obtida com pontos de amostra deformada única por tensão no extrator de pressão (DU), curva de tensão da água no solo obtida com pontos de amostra indeformada única por tensão no extrator de pressão (IU). A frequência de extração de água pelos métodos Padrão, PO e PD foi de 12 horas. Utilizaram-se as tensões de 10, 30, 50, 100, 500 e 1.500 kPa no extrator de Richards para obtenção da curva de tensão de água no solo. Em cada metodologia, retiraram-se oito amostras nas camadas 0-20 e 20-40 cm do solo. O método tomado como referência foi o de campo (Padrão) e a comparação dos resultados foi pelo teste Dunnett, a 5% probabilidade. A metodologia PD apresentou valores de capacidade de campo maiores em relação ao método Padrão. As demais metodologias não diferiram entre si e podem ser utilizadas para estimativa confiável da capacidade de campo.

Palavras chave: curva de tensão de água no solo, extrator de Richards, método de campo.

ABSTRACT: The aim of the present work was to evaluate different methodologies to estimate the field capacity in different layers of a dystrophic Oxisol in the Cerrado region. The field capacity was determined by field method (Standard); saturated soil samples contained in a test tube obeying the original density (PO), saturated soil confined in test tube presenting different specific mass (PD), water tension curve on the soil obtained with points of samples individualized deformed by tension in the extractor of pressure (DI) water tension curve on the soil obtained with points of samples only deformed by tension in the extractor of pressure (DU), water tension curve on the soil obtained with points of samples undeformed only by tension in the extractor pressure (UI). The frequency of water extraction by standard methods, PO and PD was 12 hours. We used the voltages 10, 30, 50, 100, 500 and 1500 kPa in the Richards's extractor to obtain the voltage curve soil water. In each method, was retired eight samples in layers 0-20 and 20-40 cm soil. The method that was taken as a reference was of the field (Standard) and the comparison of the results was by Dunnett test at the 5% probability. The methodology PD showed higher values of field capacity compared to standard method. The other methods did not differ and can be used to reliably estimate the field capacity.

Key words: Retention curve, Richards extractor, Field method.

INTRODUÇÃO

Estima-se que no Brasil, a agricultura irrigada é a maior consumidora de água, dentre

as diversas atividades humanas (Fernandes et al., 2008). Na maioria das áreas irrigadas, a ausência de manejo racional da água resulta em aplicação excessiva, com desperdício de

água e energia. O manejo racional da irrigação consiste em determinar o momento de irrigar e o tempo de funcionamento de um equipamento de irrigação, ou a sua velocidade de deslocamento, com a finalidade de aplicar a quantidade de água necessária ao pleno desenvolvimento da cultura (Oliveira et al., 2008).

Entretanto, o manejo adequado de sistemas de irrigação depende do conhecimento das características físicas e químicas do solo. A interação da água com essas características manifesta propriedades como a máxima quantidade de água que o solo pode reter sem causar danos ao sistema (Alencar et al., 2009), também denominado capacidade de campo, de grande importância nos processos de armazenagem e disponibilidade de água para as plantas (Andrade & Stone, 2011).

O termo "capacidade de campo" foi criado por Veihmeyer & Hendricson (1931), numa tentativa de oferecer maior aplicabilidade ao conceito "equivalente de umidade" introduzido por Briggs & McLane (1910), como descrevem Brito et al. (2011). O equivalente de umidade foi definido como a percentagem de água que um solo pode reter contra uma "força centrífuga" de 1.000 vezes a "força da gravidade" por 30 minutos. Por outro lado, a capacidade de campo representa o conteúdo de água retida no solo após o excesso de água ter sido drenado e o movimento da água tornar-se desprezível (Meyer & Gee, 1999).

Segundo Bernardo et al. (2008), o termo capacidade de campo pode ser entendido como um solo que esteja saturado numa condição de lençol freático profundo, a água terá um movimento vertical para baixo, que somente diminuirá significativamente quando o teor de umidade do solo for suficiente para que a sua condutividade hidráulica se torne muito baixa. Quando isso acontece, diz-se que o solo está em condição de capacidade de campo. Deve ser entendido que em muitos solos não há nítida transição de movimento significativa para negligenciável e que o termo capacidade de campo descreverá a condição de movimento vertical para baixo com uma taxa muito lenta, em geral, atingido poucos dias após a irrigação.

Com os conhecimentos atuais do movimento de água em solos saturados e não-saturados, tornou-se evidente que a capacidade de campo é um conceito arbitrário, e não uma propriedade física do solo. Em solos de textura grossa, geralmente a redução da intensidade de

movimento com a diminuição da umidade do solo, abaixo de certos valores, apresenta uma faixa de transição mais evidente tornando a capacidade de campo mais definida nestes tipos de solo; contudo, em alguns solos de textura fina, não há nítida faixa de transição na redução da intensidade de movimento de água, tornando o conceito de capacidade de campo pouco preciso (Bernardo et al., 2008).

Além da textura do solo, a capacidade de campo também pode ser influenciada pela estrutura do solo, teor de matéria orgânica, sequência dos horizontes pedogenéticos e gradiente textural entre os horizontes, bem como pelo teor inicial de água do solo e lâmina de água aplicada (Fabian & Ottoni Filho, 2000).

Apesar da capacidade de campo não poder ser determinada precisamente, uma vez que o seu conceito envolve uma decisão mais ou menos arbitrária no que diz respeito ao tempo em que a intensidade de drenagem se torna tão lenta, existe várias metodologias para sua estimativa, que podem ser divididas em medidas efetuadas em campo ou em laboratório (Bernardo et al., 2008).

A determinação da capacidade de campo in situ é realizada numa bacia de dois metros de diâmetro, onde se aplica uma lâmina d'água suficiente para saturar o perfil até a profundidade desejada (Embrapa, 1997). Esta lâmina é obtida pela diferença entre a porosidade e o teor de água inicial, integrada ao longo do perfil, acrescentando-se uma porcentagem relativa às perdas laterais causadas pelo fluxo horizontal. Esse método é considerado o mais eficiente para estimativa da capacidade de campo (Fabian & Ottoni Filho, 2000; Bernardo et al., 2008; Araújo et al., 2009; Sampaio et al., 2010).

Pelos métodos de laboratório, uma forma de obtenção da capacidade de campo é pela curva de tensão dada pelo sistema de câmara de pressão de Richards (Richards, 1949). Nestes equipamentos, uma amostra de solo, previamente saturada, é colocada sob uma tensão de água ou pressão de ar, até que atinja o equilíbrio, sendo em seguida determinada sua umidade gravimetricamente (Costa et al., 1997). A tensão considerada como equivalente à capacidade de campo é de 10 kPa, em solos de textura grossa, e de 33 kPa, em solos de textura fina. É comum usar o valor de 33 kPa (Bernardo et al., 2008).

A determinação da capacidade de campo pode ser ainda efetuada por métodos alternativos, como o método da coluna ou proveta (Fernandes & Sykes, 1968; Fernandes et al., 1978), que necessitam ser melhor avaliados em diferentes solos e condições. Fernandes & Sykes (1968) apresentaram um método que utiliza tubos de vidro de 60 cm de comprimento e 4 cm de diâmetro interno que são preenchidos com solo peneirado, de forma que apresente distribuição regular das partículas e uniformidade externa sem falhas prejudiciais ao movimento de água. Acrescenta-se água destilada, em volume que não permite o movimento até o fundo da coluna, a qual é coberta com plástico para evitar a evaporação da porção superficial. Transcorridos dois dias, a contar da adição da água, coletam-se amostras em profundidade, espaçadas de 2 cm, determinando-se a umidade de cada porção. A capacidade de campo é determinada pela média da umidade das camadas de 2 cm superiores àquela que apresenta diminuição acentuada no conteúdo de água. Segundo Ruiz et al. (2003), esse método tem sido regularmente utilizado no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Viçosa, apesar das dificuldades operacionais e do tempo consumido na execução da análise.

Objetivou-se no presente trabalho avaliar diferentes metodologias para estimativa da capacidade de campo em diferentes camadas de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em região de Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, situado em Chapadão do Sul-MS, com latitude de 18°47'39" Sul, longitude 52°37'22" Oeste e altitude de 820 metros.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Nos últimos 20 anos esse solo estava sendo cultivado com rotações de algodão, milho e soja e nos dois últimos anos com hortaliças (alface, cenoura, rabanete e rúcula).

Foram realizadas em laboratório, com quatro repetições, as análises granulométrica, massa específica, massa específica da partícula e porosidade total nas duas camadas de solo (0-20 e 20-40 cm). A análise granulométrica do solo (percentagem de areia, silte e argila) foi determinada utilizando-se do método do

densímetro (Embrapa, 1997). A massa específica do solo foi determinada de amostras indeformadas de solo coletadas por um amostrador Uhland, utilizando-se anéis volumétricos com 5,0 cm de altura e 8,5 cm de diâmetro, onde foram secas em estufa a 105°C, por cerca de 24 horas. A massa específica do solo e a massa específica da partícula do solo foram obtidas de acordo com as equações 1 e 2 (Embrapa, 1997), respectivamente, e a porosidade total pela equação 3 (Ferreira et al., 2010).

$$\rho = \frac{\text{massa de solo seco}}{\text{volume de solo}} \quad (1)$$

$$\rho_p = \frac{\text{massa de solo seco}}{\text{volume das partículas sólidas do solo}} \quad (2)$$

$$P_T = 100 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_p} \right) \quad (3)$$

Em que ρ é a massa específica do solo (g cm⁻³), ρ_p é a massa específica da partícula do solo (g cm⁻³) e P_T é a porosidade total do solo (%).

O experimento foi montado no esquema fatorial 6 x 2 (seis metodologias para estimativa da capacidade de campo e duas camadas de solo) no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. As camadas de solo avaliadas foram de 0-20 e 20-40 cm.

Descrição dos métodos:

A obtenção da capacidade de campo pelo método Padrão foi realizada de acordo com Bernardo et al. (2008). O solo foi completamente umedecido, até uma profundidade de 1,5 m, por meio de irrigação, em uma bacia de 2 m de diâmetro. Após a saturação do solo, sua superfície foi coberta com um plástico para evitar evaporação. O teor de umidade foi então determinado, em intervalos de 12 horas, por amostragem em cada camada. A amostragem para a determinação do teor de água do solo foi até o 14º dia, onde a variação do teor de umidade, no intervalo de 24 horas foi mínima. Um gráfico do teor de água em função do tempo foi obtido com cada repetição, e por meio da regressão potencial, foi estimada a capacidade de campo para o tempo de 90 horas, como obtido por Oliveira et al. (2005) e Brito et al. (2011) da profundidade de 40 cm.

PO: por meio de solo saturado confinado em proveta obedecendo a massa específica original. Essa metodologia consistiu

em adicionar solo em um tubo cilíndrico de volume de 1.000 mL. Calculou-se a quantidade de solo a ser adicionada no tubo de forma que o solo ficasse com a massa específica original. No fundo do tubo foi adicionada uma camada de areia para facilitar a drenagem. Adicionou-se água na parte superior até a saturação de aproximadamente 10 cm de camada de solo. A parte superior foi tampada com lâmina plástica para que fosse evitada a perda de água por evaporação. Amostras de solo foram retiradas em intervalos de 12 horas para a determinação do teor de água, por um período de 14 dias. Com os resultados, um gráfico do teor de água em função do tempo foi obtido, para cada repetição. Por meio de regressão do tipo potencial, estimou-se a capacidade de campo para o tempo de 90 horas, mesmo tempo assumido ao método Padrão, e que se notou estabilização do teor de água.

- PD: idem ao método PO, porém com solo apresentando massa específica 20% menor que ao da área avaliada.

- DI: a capacidade de campo foi calculada pela equação potencial do teor de água do solo em função da tensão. Foram coletadas amostras indeformadas individuais para serem submetida a cada tensão utilizada para determinar a equação potencial do teor água do solo. As tensões submetidas no extrator de pressão (Richards,

por tensão no extrator de pressão (Richards, 1949), submetidas as mesmas tensões do DI.

- IU: curva de tensão da água no solo obtida com pontos de amostra indeformada única por tensão no extrator de pressão (Richards, 1949), submetidas as mesmas tensões do DI.

A partir das equações ajustadas, foi possível obter o teor de água correspondente à capacidade de campo nas diferentes camadas e metodologias.

A comparação entre testemunha (método Padrão) e demais metodologias foi realizada por meio do teste de Dunnett a 5% de probabilidade, com o uso do programa estatístico "ASSISTAT 7.6".

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo em estudo apresentou teor de argila maior que 35% nas duas camadas avaliadas (Tabela 1). De acordo com o triângulo textural (Ferreira, 2010), pode-se atribuir a textura do solo como argilo-arenosa em ambas as camadas. Neste sentido o teor de água equivalente a capacidade de campo nesta classe textural de solo, retirado da curva de retenção de água, é equivalente a tensão de 33 kPa, segundo recomendações de Ruiz et al. (2003) e Bernardo et al. (2008).

Tabela 1. Valores médios, com os respectivos desvios-padrão, da análise granulométrica, massa específica (ρ), massa específica da partícula (ρ_p) e porosidade total (P_T) em diferentes camadas de um Latossolo vermelho-amarelo distrófico. Chapadão do Sul-MS, 2012

Camada (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
0-20	49,06 ± 1,09	6,92 ± 1,43	44,02 ± 1,29
20-40	47,64 ± 1,11	6,59 ± 0,90	45,78 ± 0,98

Camada (cm)	ρ (g cm ⁻³)	ρ_p (g cm ⁻³)	P_T (%)
0-20	1,22 ± 0,02	2,62 ± 0,05	53,52 ± 1,14
20-40	1,20 ± 0,03	2,66 ± 0,11	54,84 ± 2,93

Com os teores de água equivalente a cada tensão, foi realizada uma regressão do tipo potencial. O teor de água equivalente a capacidade de campo corresponde a tensão de 10 kPa para solos arenosos e 33 kPa para os argilosos (Bernardo et al., 2008).

- DU: curva de tensão da água no solo obtida com pontos de amostra deformada única

Os valores da massa específica do solo apresentaram próximos nas camadas avaliadas (Tabela 1). Isso ocorreu, pois, o solo foi cultivado por longo período com culturas anuais (milho, soja e algodão) e atualmente foi cultivado com hortaliças em que constantemente o solo era movimentado. A massa específica é importante pois indica o grau de compactação e conseqüentemente a estruturação e porosidade do solo, que

poderão proporcionar restrições para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Prado et al., 2002). Os valores de massa específica da partícula do solo e a porosidade total nas diferentes camadas apresentaram valores aproximados devido a valores próximos das frações granulométricas. Segundo Oliveira et al. (2005), os limites, entre os quais varia a porosidade total, são muito amplos, pois o volume de poros depende da composição granulométrica e da estruturação do mesmo.

Na Figura 1 estão apresentadas as equações e curvas dos teores de água em função do tempo para o método de campo (Padrão); método por meio de solo saturado confinado em proveta obedecendo à massa específica original (PO), idem anterior com solo apresentando massa específica diferente (PD); e dos teores de água em função da tensão da água no solo para os métodos por meio da curva de tensão da água no solo obtida com pontos de amostra deformada individualizadas por tensão no extrator de pressão (DI), idem anterior com amostra única (DU), idem anterior com amostra indeformada (IU). Foram observados maiores valores de R2 nas equações que tiveram a tensão da água no solo no eixo das abscissas. Foi observado também homogeneidade das equações entre as repetições em cada metodologia e camada de solo avaliado. Houve maior redução do teor de água em função do tempo ou da tensão no início do eixo das abscissas. Este comportamento se explica, pois à medida que o teor de água decresce os maiores poros se esvaziam permanecendo com água somente os poros menores, os quais, apresentam maior resistência hidráulica e maior porosidade, corroborando com Oliveira et al. (2005). Pelo método Padrão, observou-se que o teor de água iniciou o processo de estabilização após 48 horas, corroborando com trabalhos de Fabian & Ottoni Filho (2000) e Oliveira et al. (2005).

Observa-se na Figura 1 que o método PD independentemente da camada do solo, superestimou os valores de capacidade de campo. Houve diferença entre os métodos avaliados (Tabela 2). Possivelmente, esse resultado foi devido o solo se encontrar com a massa específica inferior ao tratamento PO, que por sua vez não diferiu dos demais tratamentos. Esse resultado contraria os obtidos por Ruiz et al. (2003) que apontaram apenas o fator textura do solo como ocasionador de diferença na capacidade de campo dos solos. É oportuno

ressaltar que a única diferença entre os métodos PD e PO foi a massa específica do solo.

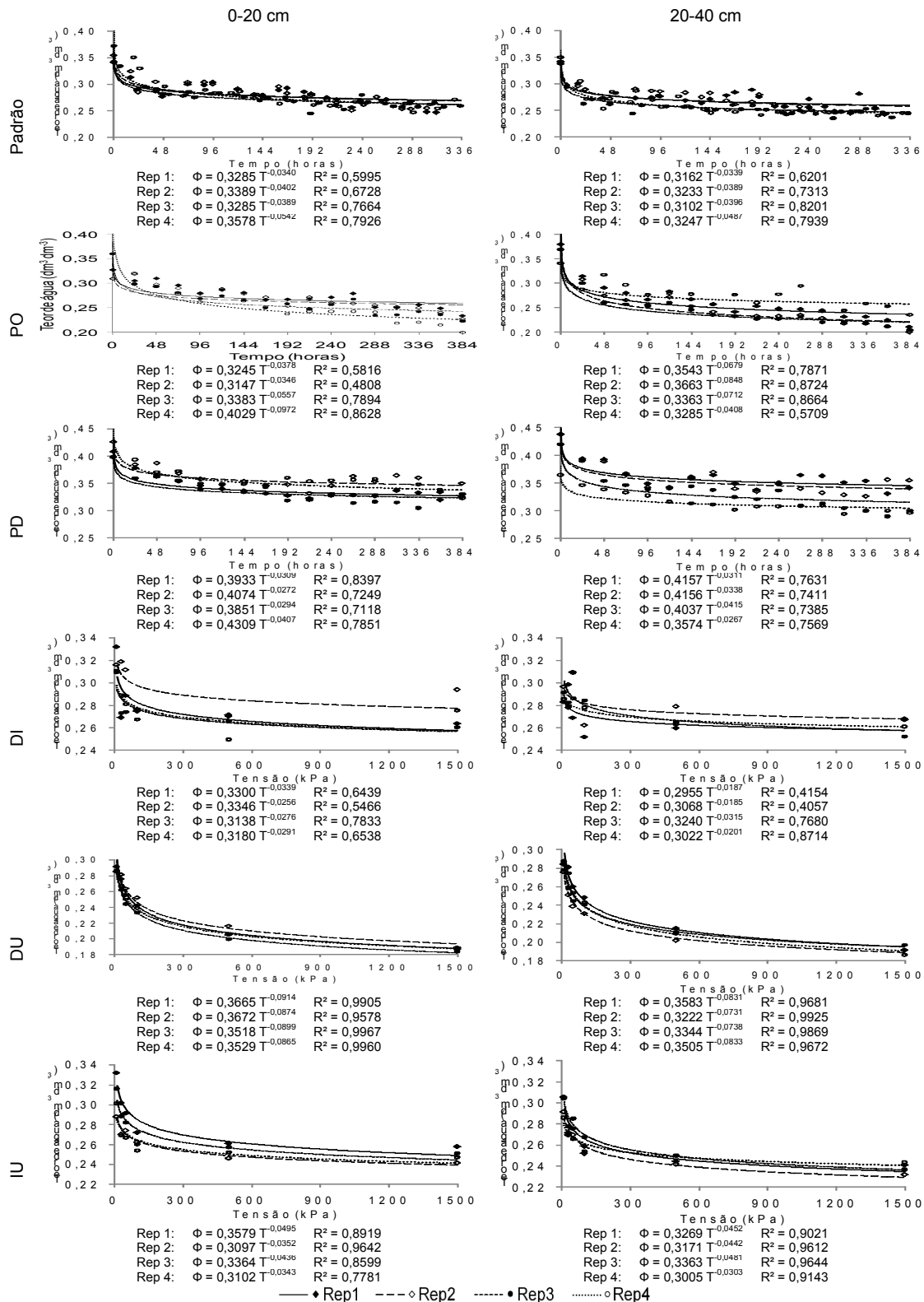
Tabela 2. Análise de variância de teores de água equivalente a capacidade de campo. Chapadão do Sul-MS, 2012

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio
Método	4	9,94E-03**
Camada	1	7,70E-04**
Método x Camada	4	2,75E-05 ^{ns}
Fatorial x Padrão(0-20) + Padrão(20-40)	1	5,90E-04*
Padrão(0-20) x Padrão(20-40)	1	4,00E-07 ^{ns}
Tratamentos	11	3,75E-03**
Resíduo	36	9,08E-05
Total	47	9,47E-04

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} $p > 0,05$.

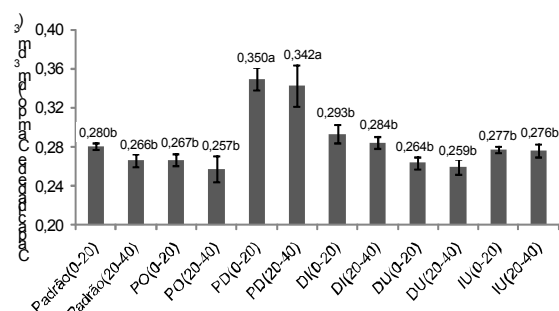
Excluindo o método PD da comparação, os demais não diferiram entre si (Figura 2). Costa et al. (1997) comparando os métodos PO e DU para três tipos de solo também não observaram diferença na capacidade de campo. Quando for necessário o conhecimento apenas do parâmetro capacidade de campo, seria recomendada a utilização do método PO, devido principalmente ao baixo custo por não necessitar de extrator de pressão e menor tempo para obtenção do seu resultado, em torno de 5 dias, desde a coleta da amostra e a retirada do material da estufa. Entretanto, sabe-se que o profissional que maneja a irrigação, necessita também do teor de água equivalente ao ponto de murcha permanente da planta (PMP). Existem métodos de campo para a estimativa do PMP, entretanto o convencional tem sido aquele retirado da curva de tensão da água no solo (Klein et al., 2006). Então nesse caso, seria interessante a capacidade de campo ser obtida por um método que utiliza o extrator de pressão.

Dentre os métodos que utilizam a curva de tensão da água no solo, deve-se preferir o método DU, pois é coletada apenas uma amostra em relação ao método DI, que será submetida a todas as tensões no extrator de pressão, e não há a necessidade de cuidado quanto à manutenção da mesma massa específica quando inserida no extrator de pressão, como necessita o método IU. Essa



Padrão - método de campo; PO - método por meio de solo saturado confinado em proveta obedecendo a massa específica original; PD - idem anterior com solo apresentando massa específica diferente; DI - método por meio da curva de tensão da água no solo obtida com pontos de amostra deformada individualizadas por tensão no extrator de pressão; DU - idem anterior com amostra única, IU - idem anterior com amostra indeformada.

Figura 1. Teores de água em função do tempo (Padrão, PO e PD) e tensão (DI, DU e IU) com suas respectivas curvas e equações para as diferentes repetições e camadas de um Latossolo vermelho-amarelo distrófico. Chapadão do Sul-MS, 2012.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Padrão - método de campo; PO - método por meio de solo saturado confinado em proveta obedecendo a massa específica original; PD - idem anterior com solo apresentando massa específica diferente; DI - método por meio da curva de tensão da água no solo obtida com pontos de amostra deformada individualizadas por tensão no extrator de pressão, DU - idem anterior com amostra única, IU - idem anterior com amostra indeformada.

Figura 2. Valores médios de capacidade de campo em função de diferentes metodologias e camadas de um Latossolo vermelho-amarelo distrófico. Chapadão do Sul-MS, 2012.

característica é importante principalmente quando a amostra tiver que ser transportada por longa distância ou tempo.

Não houve diferença do teor de água equivalente à capacidade de campo entre as duas camadas avaliadas (Figura 2). Possivelmente esse resultado foi devido à semelhança da fração granulométrica (Tabela 1). Fabian & Ottoni Filho (2000) verificaram redução da capacidade de campo em função do aumento da profundidade, e justificaram esse resultado na redução da fração areia e aumento da fração argila. Outro parâmetro que poderia conferir diferença na capacidade de campo seria o teor de matéria orgânica, mas mesmo não avaliado, acredita-se que não havia diferença desse parâmetro nas duas profundidades devido ao histórico de mais de 20 anos com cultivo de culturas anuais.

CONCLUSÃO

O método da proveta pode ser utilizado para estimativa da capacidade de campo apenas quando o solo for acondicionado com a massa específica original da área;

Entre os métodos que utilizam a curva de tensão fornecida por meio do extrator de pressão, o método com amostra deformada única é recomendada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, C.A.B.; CUNHA, F.F.; MARTINS, C.E.; CÓSER, A.C.; ROCHA, W.S.D.; ARAÚJO, R.A.S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, p.98-108, 2009.

ANDRADE, L.F.; STONE, L.F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.2, p.111-116, 2011.

ARAÚJO, E.S.; MARSOLA, T.; MIYAZAWA, M.; SOARES, L.H.B.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. Calibração de câmara semi-aberta estática para quantificação de amônia volatilizada do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.7; p.769-776, 2009.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625p.

BRIGGS, L.J.; McLANE, J.W. Moisture equivalent determinations and their application. **Proceedings of the American Society of Agronomy**, Washington, v.2, n.1, p.138-147, 1910.

BRITO, A.S.; LIBARDI, P.L.; MOTA, J.C.A.; MORAES, S.O. Estimativa da capacidade de campo pela curva de retenção e pela densidade de fluxo da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.6, p.1939-1948, 2011.

COSTA, A.C.S.; NANNI, M.R.; JESKE, E. Determinação da umidade na capacidade de campo e ponto de murchamento permanente por diferentes metodologias. **Revista Unimar**, Marília, v.19, n.3, p.827-844, 1997.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FABIAN, A.J.; OTTONI FILHO, T.B. Determinação de capacidade de campo *in situ* ou através de equações de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.1029-1036, 2000.

FERNANDES, B.; SYKES, I.O. Capacidade de campo e retenção de água em três solos de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.15, n.1, p.1-39, 1968.

FERNANDES, B., RESENDE, M.; REZENDE, S.B. Caracterização de alguns solos sob cerrado e disponibilidade de água para culturas. **Experientiae**, Viçosa, v.24, n.9, p.211-260, 1978.

FERNANDES, L.A. RAMOS, S.J.; VALADARES, S.V.; LOPES, P.S.N.; FAQUIN, V. Fertilidade do solo, nutrição mineral e produtividade da bananeira irrigada por dez anos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.11, p.1575-1581, 2008.

FERREIRA, M.M. Caracterização Física do Solo. In: VAN LIER, Q.J. (Ed.). **Física do Solo**. Viçosa: SBCS, 2010, p.1-27.

KLEIN, V.A.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Água disponível em latossolo vermelho argiloso e murcha fisiológica de cultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.646-650, 2006.

MEYER, P.D.; GEE, G.W. Flux-based estimation of field capacity. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, Reston, v.125, n.7, p.595-599, 1999.

OLIVEIRA, P.M.O.; SILVA, A.M.; COELHO, G.; SILVA, R.A. Análise comparativa da caracterização físico-hídrica de um Latossolo Vermelho distrófico *in situ* e em laboratório. **Irriga**, Botucatu, v.10, n.1, p.1-19, 2005.

OLIVEIRA, R.A.; TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G.C.; MATERAM, F.J.V.; CECON, P.R. Desempenho do irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.166-173, 2008.

PRADO, R.M.; ROQUE, C.G.; SOUZA, Z.M. Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1795-1801, 2002.

RICHARDS, L.A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science of American Journal**, Baltimore, v.68, n.1, p.95-112, 1949.

RUIZ, H.A.; FERREIRA, G.B.; PEREIRA, J.B.M. Estimativa da capacidade de campo de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos pela determinação do equivalente de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.389-393, 2003.

SAMPAIO, F.M.T.; FERREIRA, M.M.; OLIVEIRA, M.S.; ALMEIDA, A.C.; JOSÉ, M.R. Variabilidade espacial da umidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.5, p.854-861, 2010.

VEIHMEYER, F.J.; HENDRICKSON, A.H. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. **Soil Science**, Baltimore, v.32, n.3, p.181-194, 1931.

