

## DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO *IN SITU* POR DIFERENTES MÉTODOS EM NEOSSOLO DO SEMIÁRIDO

Antônio Suassuna de Lima<sup>1</sup>, José Dantas Neto<sup>2</sup>, Rigoberto Moreira de Matos<sup>3</sup>,  
Patrícia Ferreira da Silva<sup>4</sup>, Luciano Marcelo Fallé Saboya<sup>5</sup>, Vera Lúcia Antunes de Lima<sup>6</sup>

### RESUMO

O conteúdo de água do solo é um parâmetro essencial para o acompanhamento da umidade do solo em áreas irrigadas. Objetivou-se com esse trabalho determinar a capacidade de campo *in situ* por métodos diretos e indiretos em neossolos do semiárido, em condições de campo, no município de Santa Luzia, Paraíba. Os métodos utilizados foram: o método padrão da estufa (PE), o método do forno elétrico (FE), o método da sonda de capacitância FDR (SFDR) e o método do tensiômetro (TS). O solo da área é classificado como do tipo Neossolo Flúvico, com textura franco-arenosa. Para a determinação da umidade do solo delimitou-se uma área de 4 m<sup>2</sup> cercada por um dique de 0,10 m de altura a qual foi totalmente umedecida até uma profundidade de 1,0 m. Para cada método aplicado foram efetuadas três repetições com intervalos de 24 horas em um período de oito dias. Os valores de capacidade de campo, encontrados até a profundidade de 0,20 m foram de 0,19; 0,20; 0,21 e 0,29 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> para os métodos (PE), (FE), (SFDR) e (TS) respectivamente. Na comparação entre o método padrão da estufa e os demais, o forno elétrico apresentou o melhor ajuste com relação à capacidade de campo seguido da sonda FDR e do tensiômetro. O modelo potencial, para estimar a umidade volumétrica na capacidade de campo, mostrou-se viável, porém superestimou o seu tempo de ocorrência.

**Palavras-chave:** umidade do solo; sonda FDR; forno elétrico; tensiômetro.

## DETERMINATION OF *IN SITU* FIELD CAPACITY IN SEMIARID NEOSSOLO BY DIFFERENT METHODS

### ABSTRACT

Soil water content is an essential parameter for monitoring soil moisture in Irrigated farms. The objective of this work was to determine the *in situ* field capacity by direct and indirect methods in the semiarid neossolo, under field conditions, in the municipality of Santa Luzia, Paraíba. The methods used were: the standard drying oven method, the electric oven method, the FDR

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, e-mail: [suassunaagro@gmail.com](mailto:suassunaagro@gmail.com)

<sup>2</sup> Prof. Dr. em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, e-mail: [zedantas1955@gmail.com](mailto:zedantas1955@gmail.com)

<sup>3</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, e-mail: [rigobertomoreira@gmail.com](mailto:rigobertomoreira@gmail.com)

<sup>4</sup> Pós-doutoranda em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, e-mail: [patrycyafs@yahoo.com.br](mailto:patrycyafs@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Prof. Dr. em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, e-mail: [lsaboya@hotmail.com](mailto:lsaboya@hotmail.com)

<sup>6</sup> Profª. Dra. em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, e-mail: [antuneslima@gmail.com](mailto:antuneslima@gmail.com)

capacitance probe method and the tensiometer method. The soil of the area is classified as Neossolo Flúvico type, with a sandy loam texture. For the determination of soil moisture, an area of 4 m<sup>2</sup> surrounded by a 0.10 m high dam was delimited and completely moistened to a depth of 1.0 m. For each applied method, three replicates were performed at 24-hour intervals over a period of eight days. The field capacity values, found up to the depth of 0.20 m, were 0.19; 0.20; 0.21 and 0.29 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> for the standard methods drying oven, electric oven, FDR probe and tensiometer respectively. In the comparison between the standard oven method and the others, the electric furnace presented the best fit with respect to the field capacity followed by the FDR probe and the tensiometer. The potential model, to estimate the volumetric moisture in the field capacity, was feasible, but it overestimated its time of occurrence.

**Keywords:** humidity of the soil; FDR capacitance probe; electric oven; tensiometer.

## INTRODUÇÃO

A correta determinação do teor de umidade dos solos, em nível de capacidade de campo, é fundamental para um adequado manejo da irrigação em áreas agricultáveis, contribuindo assim para a maximização da eficiência do uso da água pelas plantas (BRITO et al., 2011).

A capacidade de campo foi definida primeiramente por Veihmeyer e Hendrickson (1949) como sendo o limite superior de água no solo, sendo um parâmetro de grande relevância para o armazenamento e disponibilidade de água no solo para os cultivos. Segundo Andrade e Stone (2011) o conceito de capacidade de campo está relacionado com o estado hídrico específico de cada tipo de solo. Esse limite de armazenamento de água pode ser influenciado por vários fatores desde a textura do solo, matéria orgânica, umidade inicial e lâmina aplicada (MANTOVANI et al., 2012).

Os Neossolos Flúvicos possuem diferenças consideráveis nos teores de umidade do solo, em decorrência da heterogeneidade dos diferentes atributos físicos, hídricos e químicos da sua formação. Trabalhando em neossolos Paixão et al. (2004) relatam que, o valor da capacidade de campo deferiu entre áreas de solos com mesma textura e, foi igual, entre solos com texturas diferentes, fato este relacionado com a descontinuidade dos estratos presentes nos Neossolos Flúvicos.

Existem varias formas de determinação da capacidade de campo, podendo ser em laboratórios e *In Situ* campo. Para Santos et al. (2013) a determinação *In Situ* é um dos métodos mais utilizados e de elevada acuraria, embora seja uma técnica trabalhosa e que requer muito tempo para sua conclusão. A capacidade de campo *In Situ*, pode ser estimada por meio do teor de umidade do solo. Os métodos para determinação do teor de umidade do solo podem ser classificados como método direto (método padrão da estufa, Forno microondas e forno elétrico) e métodos indiretos como sonda de nêutrons, sondas TDR (time domain reflectometry), sondas FDR (time domain reflectometry), sensores de resistência elétrica (Watermark®) e tensiômetros (CAMARGO et al., 2012; LIMA et al., 2012; SILVA JUNIOR et al., 2013).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho determinar a capacidade de campo *in situ* por métodos diretos e indiretos em Neossolo Flúvico do semiárido Paraibano.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no mês de novembro de 2016 em condições de campo na fazenda Poço Redondo, município de Santa Luzia, PB. O município está localizado na microrregião do Seridó ocidental paraibano com as seguintes

**DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO *IN SITU* POR DIFERENTES MÉTODOS  
EM NEOSSOLO DO SEMIÁRIDO**

coordenadas geográficas: 06° 52' 27" de Latitude, 36° 56' 00" de Longitude e altitude média de 299 m. A região encontra-se inserida no Polígono das Secas e situa-se na Mesorregião da Borborema. O clima local é do tipo Bsh-Tropical, quente seco, semiárido com chuvas de verão.

O solo da área experimental é classificado como do tipo Neossolos Flúvicos, com textura franco-arenosa, este tipo de solo é derivado de sedimentos aluviais e dispõem de uma grande variação nas suas características físicas, químicas e morfológicas devido à disparidade do seu material de origem (EMBRAPA, 2013).

Para determinação da capacidade de campo "*in situ*" delimitou-se uma área de 4 m<sup>2</sup> cercada por um dique de 0,10 m de altura (bacia de saturação). Em seguida, procedeu-se a saturação do solo, posteriormente o dique foi revestido com lona plástica para evitar perdas de água por evaporação, devido à incidência da radiação solar. Após a saturação do solo foi realizada a coleta deformada das amostras nas profundidades de: 0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m de profundidade e armazenadas em cilindros de alumínio pesadas e fechadas para evitar a perda de água. As coletas foram realizadas com 0, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 e 192 horas depois da saturação.

Os métodos utilizados a fim de obter os valores de umidade para estimar a capacidade de campo foram: os métodos diretos padrão da estufa (PE) e forno elétrico (FE); os métodos indiretos da sonda de capacitância FDR (SFDR) e tensiometria (TS). Para cada método aplicado foram efetuadas três repetições em cada profundidade.

Para os métodos diretos coletaram-se as amostras e estas foram levadas ao laboratório para determinação dos teores de umidade pelas fontes de aquecimento, estufa padrão e forno elétrico.

No método da estufa padrão, as amostras coletadas foram secadas em estufa de circulação de ar forçado a 105 °C durante 24 horas, enquanto que no forno elétrico as

mesmas foram submetidas à secagem por 35 minutos a uma temperatura de 105 °C. No momento da coleta realizou-se a pesagem das amostras e depois de ser submetido às fontes de aquecimento foram pesadas novamente, com o auxílio de uma balança analítica com precisão de 0,01 g. Após a secagem do material de solo determinou-se o teor de umidade em volume, através da equação 1.

$$\%U_{\text{volume}} = \left( \frac{M1 - M2}{M2 - M3} \right) \times 100 \times Da \quad (1)$$

em que: M1 - Peso do solo úmido e do recipiente; M2 - Peso do solo seco e do recipiente; M3 - Peso do recipiente; e, Da - densidade aparente do solo da área em estudo, 1,56 g cm<sup>3</sup>.

Encontrou-se a capacidade de campo, nos diversos métodos estudados, quando se estabilizou a variação da umidade volumétrica com o tempo para diferentes profundidades.

Com os valores médios de capacidade de campo, das três repetições, procedeu-se a calibração dos métodos (FE), (SFDR) e (TS), com seus coeficientes de determinação, em função dos valores médios obtidos com o padrão da estufa (PE).

Para estimar esse processo de redistribuição de água no solo empregou-se o modelo matemático do tipo potencial dada pela equação 2. Conforme metodologia de Oliveira et al. (2001) explicitou-se nessa equação, o tempo para se atingir a capacidade de campo (equação 3) e umidade volumétrica na capacidade de campo (equação 4).

$$\theta(t) = a \cdot t^b \quad (2)$$

$$T_{cc} = \left( -\frac{K}{a \cdot b} \right)^{\frac{1}{b-1}} \quad (3)$$

$$\theta_{cc} = a \cdot \left( -\frac{K}{a \cdot b} \right)^{\frac{1}{b-1}} \quad (4)$$

em que:  $\theta$  - umidade volumétrica,  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ;  $t$  - tempo, T;  $a$  e  $b$  - coeficientes ajustado;  $T_{cc}$  - tempo para se atingir a capacidade de campo, T;  $\theta_{cc}$  - umidade volumétrica do solo na capacidade de campo,  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ;  $e$ ,  $K$  - valor mínimo da tangente da curva da umidade volumétrica com o tempo.

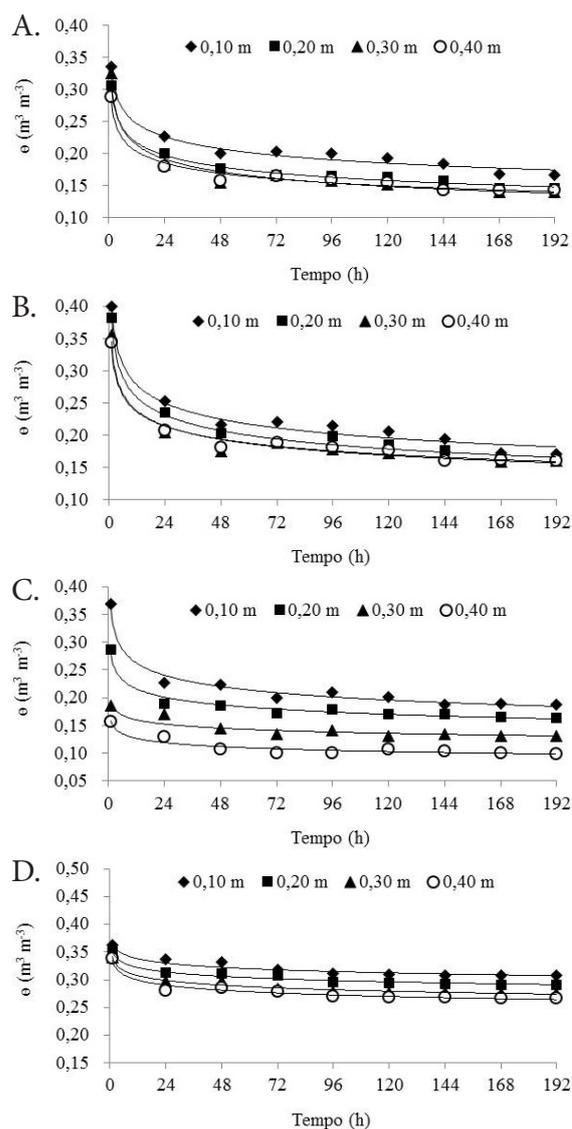
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da umidade volumétrica, no Neossolo Flúvico estudado, com o tempo para diferentes profundidades e pelos diferentes métodos testados encontra-se na Figura 1.

A camada superficial do solo (0,10-0,20 m) onde se encontra maior concentração de nutrientes é considerada como a camada do solo de maior relevância para as culturas. Na representação gráfica, Figura 1, é possível observar que nesta camada foi onde ocorreu uma maior variação no percentual de umidade após a saturação do solo. No entanto, nota-se uma constância no teor de umidade ao longo do tempo em todas as profundidades analisadas para todos os métodos. Consequente a isso, verificou-se uma estabilização do teor de água com o passar do tempo, resultando na restrição da saturação do solo.

Nas figuras (1A, 1B e 1C) método padrão da estufa (PE), método do forno elétrico (FE) e método sonda FDR (SFDR) é possível observar a regularização da umidade a partir das 48 horas após a saturação do solo. Nesse tempo o valor médio da capacidade de campo até a profundidade de 0,20 m é de  $0,19 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$  para (PE),  $0,20 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$  para (FE) e  $0,21$  para o (SFDR), entre 0,20 e 0,40 m o valor da capacidade de campo é de 0,16; 0,18; e  $0,13 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$  para os métodos PE, FE e SFDR, respectivamente. Esses resultados corroboram com os obtidos por FABIAN e OTTONI FILHO (2000); OLIVEIRA et al., (2005); e SOUZA et al., (2013a).

Diferindo dos demais métodos, o tensiômetro Figura (1D), apresentou menor



**Figura 1.** Variação da umidade volumétrica observada em campo, em diferentes profundidades ao longo do tempo, em neossolo flúvico pelos métodos padrão da estufa (A), forno elétrico (B), sonda FDR (C) e tensiômetro (D).

oscilação da umidade na superfície e uma maior estabilidade do conteúdo de água no solo, logo após 24 horas. Entretanto, o valor médio da capacidade de campo, ao longo do perfil,  $0,29 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ , foi bem mais elevado do que os obtidos por meio do (PE), (FE) e (SFDR).

Na Tabela 1 estão ajustadas as equações de calibração dos métodos (FE), (SFDR) e (TS) obtidas em função do método padrão (PE) com seus respectivos coeficientes de determinação. O maior valor de  $R^2$  0,99 foi obtido pelo forno elétrico que

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO *IN SITU* POR DIFERENTES MÉTODOS  
EM NEOSSOLO DO SEMIÁRIDO

**Tabela 1.** Estimativas das equações de calibração dos métodos (FE), (SFDR) e (TS) obtidas em função do método padrão (PE) com seus coeficientes de determinação.

Método	Equação	R <sup>2</sup>
Estufa/Forno	UE = 0,8150 UF + 1,0895	0,99
Estufa/Sonda	UE = 0,2341 US + 0,0355	0,94
Estufa/Tensiômetro	UE = 0,3780 UT - 0,0409	0,92

apresentou um melhor ajustamento com em relação ao método padrão. A sonda FDR apresentou um R<sup>2</sup> igual a 0,94, seguida do tensiômetro que apresentou um R<sup>2</sup> igual a 0,92.

O forno elétrico foi o método utilizado em que os resultados apresentaram uma maior similaridade em função do método padrão, atingindo valores praticamente semelhantes. Esses resultados muito se assemelham aos alcançados por Buske et al. (2014) que comparando forno elétrico com o padrão estufa, obtiveram coeficientes de determinação de 0,98, 0,97 e 0,99 para um Latossolo vermelho, um Nitossolo vermelho e um Argissolo vermelho respectivamente. Assim pode-se recomendar aos irrigantes o forno elétrico, na determinação da umidade do solo, considerando sua precisão, assim como seu baixo custo quando comparado com outros métodos de determinação de umidade.

Nesta pesquisa os valores de umidade obtidos utilizando a sonda FDR foram próximos aos alcançados utilizando o método padrão de estufa, estes resultados diferiram dos encontrados por Gava et al. (2016) que constatou que a sonda FDR subestima o teor de umidade do solo, confirmado por (SOUZA et al., 2013b).

A calibração da sonda pelo método padrão demonstrou um bom ajuste para solo de textura arenosa, obtendo um coeficiente de determinação de 0,94, isso indica que existe uma boa correlação quando comparado com o método padrão de estufa. Resultados similares a estes foram obtidos por Andrade Junior et al. (2007) e Silva et al. (2007) que encontraram R<sup>2</sup> igual a 0,97 e 0,93 respectivamente, quando calibraram uma sonda FDR para solos com a mesma textura do solo utilizado na pesquisa.

Apresentando um R<sup>2</sup> igual a 0,92, o método do tensiômetro obteve um ajuste inferior com relação aos demais, quando comparado com o método padrão. O coeficiente de determinação obtido pelo método do tensiômetro nesse trabalho é bem inferior aos 0,99 alcançado por Almeida et al. (2010) trabalhando com um Latossolo vermelho. A divergência dos valores da capacidade de campo obtido utilizando o tensiômetro em relação aos obtidos utilizando o forno e a sonda, podem estar relacionado com a adição da agulha do tensiômetro no tensiômetro, que pode provocar um refluxo de água do interior do tensiômetro para a agulha (BRITO et al., 2009). Essas alterações podem desacelerar a estabilidade da pressão da água do tensiômetro com a água do solo (ALMEIDA et al., 2010). Mesmo assim o tensiômetro pode ser um bom dispositivo para o acompanhamento do fluxo de água no solo.

De posse das curvas de variação da umidade volumétrica com o tempo (Figura 1) estimou-se os valores médios equivalentes ao tempo para atingir a capacidade de campo (T<sub>cc</sub>), o valor da umidade volumétrica na capacidade de campo (θ<sub>cc</sub>), a constante (K) e a equação da capacidade de campo (θ(t)) com seu coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), Tabela 2. Todos os valores foram estimados pelos métodos padrão estufa, forno elétrico, sonda FDR e tensiômetros.

O valor de K (tangente da curva de umidade volumétrica com o tempo) que proporcionou a melhor estimativa da umidade na capacidade de campo, em todos os métodos estudados e nas diferentes profundidades foi igual a -0,0001. Este valor está de acordo com o encontrado por Oliveira et al. (2001).

**Tabela 2.** Valores médios estimados correspondentes a constante (K), a umidade na capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ), ao tempo da capacidade de campo ( $T_{cc}$ ), a equação da capacidade de campo ( $\theta(t)$ ) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para cada método utilizado em diferentes profundidades.

Métodos	Profundidades (m)	K	$\theta_{cc}$ ( $m^3 m^{-3}$ )	$T_{cc}$ (h)	Equação	$R^2$
Estufa (Padrão)	0-0,10	-0,0001	0,18	134	$\theta(t) = 0,3368 t^{-0,125}$	0,97
	0,10-0,20	-0,0001	0,16	127	$\theta(t) = 0,3062 t^{-0,138}$	0,99
	0,20-0,30	-0,0001	0,15	134	$\theta(t) = 0,3150 t^{-0,157}$	0,97
	0,30-0,40	-0,0001	0,15	131	$\theta(t) = 0,2825 t^{-0,133}$	0,98
Média	0-0,40	-	0,16	131	-	-
Forno elétrico	0-0,10	-0,0001	0,19	167	$\theta(t) = 0,4059 t^{-0,153}$	0,96
	0,10-0,20	-0,0001	0,17	161	$\theta(t) = 0,3851 t^{-0,160}$	0,98
	0,20-0,30	-0,0001	0,16	161	$\theta(t) = 0,3448 t^{-0,149}$	0,97
	0,30-0,40	-0,0001	0,16	166	$\theta(t) = 0,3368 t^{-0,143}$	0,98
Média	0-0,40	-	0,17	163	-	-
Sonda FDR	0-0,10	-0,0001	0,19	130	$\theta(t) = 0,3610 t^{-0,128}$	0,97
	0,10-0,20	-0,0001	0,17	105	$\theta(t) = 0,2794 t^{-0,104}$	0,97
	0,20-0,30	-0,0001	0,14	68	$\theta(t) = 0,1911 t^{-0,072}$	0,86
	0,30-0,40	-0,0001	0,11	70	$\theta(t) = 0,1587 t^{-0,091}$	0,90
Média	0-0,40	-	0,15	93	-	-
Tensiômetro	0-0,10	-0,0001	0,32	57	$\theta(t) = 0,3674 t^{-0,034}$	0,96
	0,10-0,20	-0,0001	0,30	64	$\theta(t) = 0,3522 t^{-0,036}$	0,98
	0,20-0,30	-0,0001	0,28	79	$\theta(t) = 0,3412 t^{-0,042}$	0,98
	0,30-0,40	-0,0001	0,27	88	$\theta(t) = 0,3349 t^{-0,045}$	0,96
Média	0-0,40	-	0,29	72	-	-

Em todos os métodos estudados o valor estimado da  $\theta_{cc}$  diminuiu com o aumento da profundidade. Os valores estimados pelos métodos do Forno elétrico e da sonda FDR, Tabela 1, ficaram próximos aos estimados pelo método Padrão de Estufa, embora inferiores aos valores observados em campo, conforme Figura 1. O método do Tensiômetro estimou os maiores valores da  $\theta_{cc}$ , valor médio de 0,29  $m^3 m^{-3}$ , quando comparado com os demais e coincidindo com o valor observado.

O método do forno elétrico foi superior aos demais quando comparados ao método padrão, evidenciando uma regularidade dos valores entre 0,16 e 0,19 que muito se assemelham aos da estufa entre 0,15 e 0,18 nas profundidades de 0-0,40 m. Resultados bem próximos aos alcançados por Buske et al. (2014) comparando o método do forno elétrico com o padrão de estufa. A aproximação dos coeficientes de determinação dos métodos padrão de estufa e forno elétrico pressupõem que a

remoção da água por esses dois métodos demonstra uma reação quase que linear em função do tempo, resultados comprovados por TAVARES et al., (2008). A pequena diferença entre os valores encontrados para  $R^2$  sinaliza um bom ajuste da umidade quando os métodos são confrontados.

Com referência a sonda FDR, os valores alcançados foram abaixo dos atingidos pelo método padrão de estufa, alternando de 0,11 a 0,19, resultado que corrobora com os alcançados por SOUZA et al. (2013b). Quanto ao método do tensiômetro, utilizado na pesquisa, apresentou maior discrepância na umidade quando comparado ao padrão, alternando valores de 0,27 a 0,32.

Em todas as profundidades e métodos estudados a estimativa do tempo para atingir a capacidade de campo ( $T_{cc}$ ), foram superiores aos observados em campo, 48 horas para os métodos (PE), (FE) e (SFDR) e 24 horas para o método do (TS).

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO *IN SITU* POR DIFERENTES MÉTODOS  
EM NEOSSOLO DO SEMIÁRIDO

O modelo do tipo potencial apresentou o melhor ajuste para estimar a capacidade de campo ( $\theta(t)$ ) em todos os métodos e profundidades do neossolo flúvico. Todos os coeficientes de determinação foram superiores a 0,95, com exceção do método da sonda FDR, nas profundidades de 0,20-0,30m e 0,30-0,40m.

### CONCLUSÕES

Na ausência de uma estufa padrão o forno elétrico pode ser utilizado para determinação da umidade do solo.

Na comparação entre o método padrão da estufa e os demais, o forno elétrico apresentou o melhor ajuste com relação à capacidade de campo, seguido da sonda FDR e do tensiômetro.

O modelo potencial, para estimar a umidade volumétrica na capacidade de campo, mostrou-se viável, porém superestimou o seu tempo de ocorrência.

### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq por apoio financeiro do projeto e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES pela concessão de bolsas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. S.; ARAÚJO, F. S.; SOUZA, G. S. Determinação da curva parcial de retenção de água de um Latossolo vermelho por tensiometria. **Scientia Plena**, v. 6, n. 9, p. 1-5, 2010.

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

ANDRADE JUNIOR, A. S.; SILVA, C. R.; DANIEL, R. Calibração de um sensor capacitivo de umidade em Latossolo Amarelo na microrregião do Litoral Piauiense. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 4, p. 303-307, 2007.

BUSKE, T. C.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; TORRES, R. R.; ROSSO, R. B.; BRAGA, F. de V. A. Determinação da umidade do solo por diferentes fontes de Aquecimento. **Irriga**, v. 19, n. 2, p. 315-324, 2014.

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**, v. 35, n. 6, p. 1939-1948, 2011.

BRITO, A. S.; LIBARDI, P. L.; MOTA, J. C. A.; MORAES, S. O. Desempenho do tensiômetro com diferentes sistemas de leitura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 17-24, 2009.

CAMARGO, D. C.; TENDERO, J. I. C.; ÁLVAREZ, J. F. O.; SEVILLA, F. M. Calibração da sonda de capacitância envirosan. **Irriga**, Edição Especial, p. 27 - 39, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

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

GAVA, R.; SILVA, E. E. da; BAIO, F. H. R. Calibração de sensor eletrônico de umidade em diferentes texturas de solo. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10, n. 2, p. 154-162, 2016.

- LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. da; KOIDE, S.; SANTOS, R. M. dos. Avaliação do desempenho de sonda de capacitância no monitoramento da umidade de Latossolo do cerrado em condições de campo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 1, p. 23-32, 2012.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação princípios e métodos**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355p.
- OLIVEIRA, L. F. C.; BONOMO, R.; CORTÊS, F. C. Desenvolvimento matemático de uma equação para estimativa da capacidade de campo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 31, n.1, p.65-69, 2001.
- 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**, v. 10, n. 1, p. 1-19, 2005.
- PAIXÃO, F. J. R. da; ALENCAR, S. B. de; COSTA, T. L.; MARQUES, L. F.; TRINDADE, J. L. da. Capacidade de campo de um Neossolo Flúvico determinada por métodos diretos e indiretos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, p. 1-6, 2004.
- SANTOS, C. S.; SILVA, P. F.; SANTOS, J. C. C.; SILVA, C. H.; BARROS, A. C. Estimativa da umidade na capacidade de campo em vasos e em laboratório. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, n.2, p. 151-160, 2013.
- SILVA JUNIOR, J. J. da; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; SILVA, B. M.; LIMA, P. T. calibração de sondas de capacitância para determinação de umidade em Latossolo vermelho distroférico. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 743-755, 2013.
- SILVA, C. R. da; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; ALVES JÚNIOR, J.; SOUZA, A. B. de; MELO, F. B.; COELHO FILHO, M. A. Calibration of a capacitance probe in a Paleudult. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 6, p. 636-640, 2007.
- SOUZA, E. J. de; CUNHA, F. F. da; MAGALHAES, F. F.; SILVA, T. R. da; BORGES, M. C. R. Z.; ROQUE, C. G. Métodos para estimativa da umidade do solo na capacidade de campo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 43-50, 2013a.
- SOUZA, C. F.; PIRES, R. C. M.; MIRANDA, D. B. de; VARALLO, A. C. T. Calibração de sondas FDR e TDR para a estimativa da umidade em dois tipos de solo. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 597-606, 2013b.
- TAVARES, M. H. F.; CARDOSO, D. L.; GENTELINI, D. P.; GABRIEL FILHO, A.; KONOPATSKI, E. A. Uso do forno de microondas na determinação da umidade em diferentes tipos de solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 3, p. 529-538, 2008.
- VEIHMEYER, F. J.; HENDRICKSON, H. Methods of measuring field capacity and permanent wilting percentages of soils. **Soil Science**, v. 68, n. 1, p. 75-94, 1949.