



## CALIBRAÇÃO DO SENSOR DE UMIDADE DO SOLO DSMM500 EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

Carolina Carvalho Rocha Sena<sup>1</sup>, Luiz Raimundo Garcias Neto<sup>1</sup>, José Alves Júnior<sup>1\*</sup>, Adão Wagner Pego Evangelista<sup>1</sup>, Rafael Battisti<sup>1</sup>, Derblai Casaroli<sup>1</sup>

**RESUMO:** O uso de sensores de umidade do solo é uma importante ferramenta no manejo de irrigação, entretanto devido a variabilidade física do solo requer calibrações locais, a fim de se aumentar a sua acurácia. Assim, este estudo teve como objetivo calibrar o sensor DSMM500, da General Tools, para um Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa, para subsidiar o manejo de irrigação. Foram coletadas amostras de solo indeformada, em cilindros com dimensões de 0,07m de diâmetro e 0,3m de comprimento, nas profundidades de 0,00-0,30; 0,30-0,60 e 0,60-0,90 m. Após secagem das amostras até o peso constante, a densidade do solo foi determinada. A amostra de solo foi desestruturada e se adicionou gradativamente 1 cm<sup>3</sup> de água para cada 20 cm<sup>3</sup> de solo, homogeneizada e feito a leitura com o sensor DSMM500 e comparada com a umidade gravimétrica. O sensor de umidade do solo DSMM500, General Tools, apresenta boa acurácia na leitura da umidade do Latossolo Vermelho Distrófico, e a utilização da equação de ajuste para cada tipo de solo e densidades diferentes maximiza a precisão do aparelho.

**Palavras-chave:** Conteúdo de água no solo; Manejo da irrigação; Sensor capacitivo

## CALIBRATION OF DSMM500 SOIL MOISTURE SENSOR IN DISTROPHIC RED LATOSSOLO

**ABSTRACT:** The use of soil moisture sensors is an important tool in irrigation management, however due to the physical variability of the soil it requires local calibrations in order to increase its accuracy. Thus, this study aimed to calibrate the General Tools DSMM500 sensor for a clayey dystrophic Red Latosol to support irrigation management. Samples of undisturbed soil were collected in cylinders with dimensions of 0.07m in diameter and 0.3m in length, at depths of 0.00-0.30; 0.30-0.60 and 0.60-0.90 m. After drying the samples to constant weight, the soil density was determined. The soil sample was unstructured and 1 cm<sup>3</sup> of water was gradually added to each 20 cm<sup>3</sup> of soil, homogenized and read with the DSMM500 sensor and compared with gravimetric humidity. The soil moisture sensor DSMM500, General Tools, presents good accuracy in reading the moisture from the Red Latosol, and the use of the adjustment equation for each type of soil and different densities maximizes the accuracy of the apparatus.

**Key words:** Water content in soil; Irrigation management; Capacitive sensor

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás – Campus Samambaia. \*E-mail: josealvesufg@yahoo.com.br. Autor para correspondência.

## INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada no ano de 2017 foi responsável por aproximadamente 67,2% do total de água consumida no Brasil anualmente (ANA, 2017). O propósito da irrigação para culturas agrícolas é a complementação da disponibilidade da água fornecida naturalmente pela precipitação, proporcionando ao solo teor de umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das plantas (LOPES et al., 2008).

Entretanto, na produção agrícola tanto o excesso de água aplicado ao solo via irrigação, quanto o déficit hídrico pode prejudicar o desenvolvimento da planta e sua produtividade (MENDES et al., 2015). Assim, destaca-se a importância que o manejo correto da água de irrigação tem na produção agrícola e para a gestão dos recursos hídricos.

Vários são os indicadores disponíveis para a determinação do momento de irrigar e da quantidade de água a ser aplicada, podendo ser agrupados como: indicadores de manejo com base na planta, no solo, e na atmosfera, e a combinação de dois ou mais métodos (MATOS et al., 2017). Quando se trata do indicador via solo o método padrão e mais confiável é o gravimétrico. Baseia-se na pesagem de amostras de solo e secagem em estufa, a diferença de massa, antes e após a secagem, representa o conteúdo de água na amostra (EMBRAPA, 2017). Esse método se torna

desvantajoso ao passo que para chegar a umidade do solo demorado em torno de 24 a 48 horas, além de ser um método destrutivo e dispendioso quando aplicado em locais com heterogeneidade espacial e variação temporal em propriedades do solo (BRULAND; RICHARDSON, 2005).

No monitoramento via solo, há a possibilidade de utilizar equipamentos que são capazes de estimar e informar ao usuário o potencial matricial com que a água está retida no solo (tensiômetros) ou o conteúdo de água no solo (sensores). Neste contexto, os usos de sensores de umidade vêm ganhando mercado por fornecer o valor atual de água no solo, permitir o registro contínuo desta variação em equipamento de aquisição de dados, facilitando o manejo da irrigação (KITIĆ e CRNOJEVIĆ-BENGIN, 2013).

Existe no mercado diversos sensores, que variam segundo ao princípio de funcionamento, sendo os capacitivos mais usados, pois apresentam baixo custo e fácil operação (DOLEZAL et al., 2008). Estão fundamentados no valor da permissividade dielétrica ( $\epsilon$ ) do meio e sua relação com a quantidade de água (BOGENA et al., 2007). Uma das desvantagens na utilização destes sensores consistem na necessidade de calibração para garantir medições precisas do teor de água no solo; sensibilidade ao tipo de solo e textura, como a salinidade e a temperatura (SOUZA et al., 2013). Diante dessa variação em relação a cada tipo de solo,

se faz necessária a calibração dos sensores para sua correta utilização.

Dependendo da precisão requerida e em razão da variabilidade das características físicas que os solos possuem, os sensores utilizados para estimar de forma indireta o teor de água no solo requerem calibrações locais, seja em campo ou em laboratório, a fim de se aumentar a precisão na medida do parâmetro citado (CRUZ et al., 2010; SOUZA et al., 2013; MATOS et al., 2017).

A fabricante General Tools & Instruments, desenvolveu uma linha de sensores de umidade de solo (DSMM500) que informam o teor de água no solo, a partir da medição da constante dielétrica do mesmo, utiliza um eletrodo de dois pinos para medir a capacidade de condutividade elétrica do solo, convertendo para leitura de porcentagem de umidade da amostra (GENERAL TOOLS, 2017). O fabricante não disponibiliza equações básicas de calibração para solos minerais, notando assim a necessidade da calibração específicas para cada tipo de solo no uso agrícola.

Os valores de capacitância podem apresentar variação quanto ao tipo de material dielétrico, geometria do capacitor e ainda pela distância entre os eletrodos. Após ser calculada, a capacitância é convertida para o teor de umidade do solo (DOLEZAL et al., 2008). Esse método demanda calibração específica para cada tipo de solo, uma vez que a sensibilidade para aberturas de ar, salinidade

do solo, temperatura, densidade e teor de argila limitam a utilização deste método (SILVA et al., 2012).

Deste modo, o objetivo desse trabalho foi calibrar o sensor DSMM500, da General Tools, para um Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa, para subsidiar o manejo de irrigação nas principais culturas cultivadas nesse tipo de solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área da Fazenda Reata, localizada no município de Matrinchã-GO (15° 21'53,10" S; 50° 53' 09,10" O e 370 m). O solo da área foi classificado como um Latossolo Vermelho Distrófico, com textura argilosa (45% argila, 10% de silte e 45% de areia) de acordo com a EMBRAPA (2013).

Para a calibração do sensor de umidade DSNN500 da General Tools foi utilizado a metodologia adaptada descrita por Spelman et al. (2013) e Pereira et al. (2018). Foram coletadas 6 amostras de solo com estrutura indeformada, em anel de ferro com dimensões de 0,072m de diâmetro e 0,3m de comprimento, nas camadas 0,00-0,30; 0,30-0,60 e 0,60-0,90 m em dois perfis diferentes totalizando 9 amostras.

Após a coleta das amostras, estas foram pesadas e em seguida conduzidas para secagem em forno elétrico a  $\pm 120^{\circ}\text{C}$ , até a

obtenção do peso constante (aproximadamente 36 horas).

Determinando assim a densidade do solo ( $d_s$  - Kg/m<sup>3</sup>) pela relação da massa de solo seco contida no recipiente ( $M_s$  - Kg), pelo volume do recipiente ( $V_s$  - m<sup>3</sup>).

A amostra de solo foi desestruturada e se adicionou gradativamente 1 cm<sup>3</sup> de água para cada 20 cm<sup>3</sup> de solo. À medida em que a água era adicionada, a amostra era então homogeneizada manualmente, e em seguida o solo úmido devolvido ao anel amostrador e uma nova leitura com o sensor DSMM500 era realizada e comparada com o valor de conteúdo de água no solo indicado pelo método gravimétrico (Eq. 1), adotado com padrão.

$$\theta = \frac{V_{\text{água}}}{V_{\text{solo}}} \times 100$$

(1)

em que,

$\Theta$ : é a umidade gravimétrica do solo (%);

$V_{\text{água}}$ : volume de água (m<sup>3</sup>) e.

$V_{\text{solo}}$ : volume de solo seco contido no anel amostrador (m<sup>3</sup>).

Para a utilização do sensor de umidade DDSMM500 (Figura 1), este utiliza o eletrodo de dois pinos para medir a capacidade condutora principal da espécie, em seguida, converte a leitura em % (porcentagem) de "teor de umidade" da amostra de solo, o mesmo foi inserido completamente no solo acondicionado no anel amostrador, e a leitura da umidade foi realizada, pós a espera de alguns segundos para a estabilização da leitura na tela do sensor em porcentagem.



**Figura 1:** Esquema da instalação do sensor de umidade DSMM500 no anel amostrador.

Esse procedimento foi repetido sete vezes, até que a amostra de solo se encontrasse em condição de saturação. O mesmo foi repetido para as demais amostras coletadas, resultando em uma curva de calibração para cada camada de amostra. A avaliação da sensibilidade da calibração do sensor foi realizada através dos

seguintes índices estatísticos: do índice de concordância “d” proposto por Willmott (1981), coeficiente de correlação simples de Pearson “r”, erro médio absoluto (EMA),

$$d=1 - \frac{\sum_{i=1}^k (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^k (|\hat{y}_i - \bar{y}| + |y_i - \bar{y}|)^2} \quad (2)$$

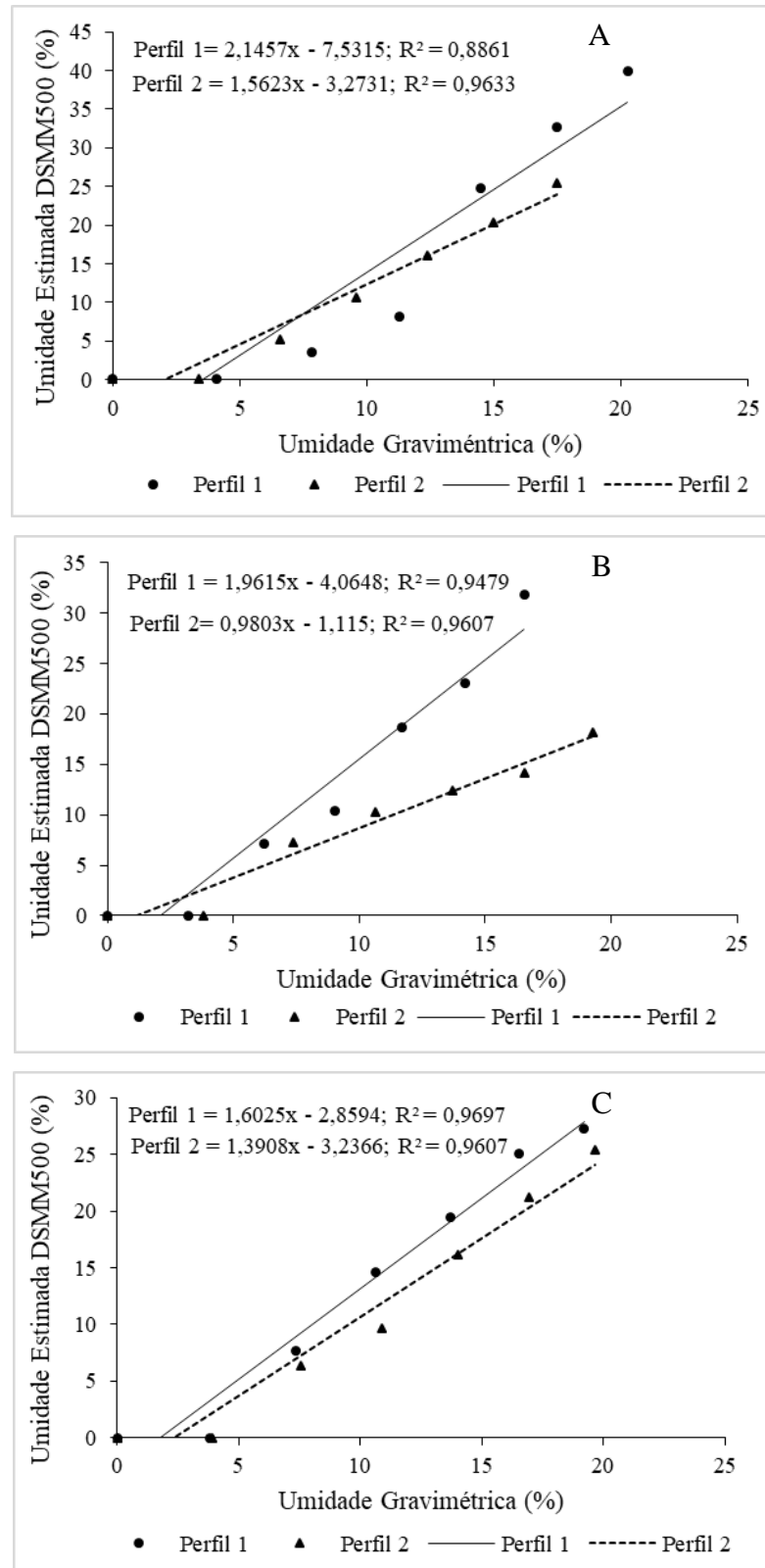
$$R^2 = \left( \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y})^2}} \right)^2 \quad (3)$$

$$\text{REQM} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^k (\hat{y}_i - y_i)^2}{k} \right]^{1/2} \quad (4)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os gráficos de regressão linear entre os valores de umidade obtidos pela leitura do sensor DSMM500 e a umidade real do solo (método gravimétrico), para os dois perfis coletados do Latossolo Vermelho distrófico e nas três

camadas estudadas. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para o perfil uma variou de 0,88 a 0,96 para as camadas de 0-0,30m e para camada de 0,60-0,90 m, consecutivamente. O perfil dois o coeficiente que informa quanto a regressão consegue explicar os valores observados ficaram cima de 0,9 para todas as camadas analisadas.



**Figura 2.** Regressão linear para calibração de sensores DSMM500 para o Latossolo Vermelho distrófico, nas profundidades: A- 0-0,30m; B- 0,30-0,60m; C- 0,60-0,90 m.

Quando analisamos os parâmetros estimativa da umidade do solo utilizando o estatísticos para a avaliação da sensibilidade sensor DSMM500 e a umidade gravimétrica do método (Tabela 1), notamos que a raiz do erro do quadrado médio (REQM) que variou de 10% para a primeira camada (0,00-0,30m) do perfil um a 2% na camada intermediária (0,30-0,60m) no perfil dois.

**Tabela 1.** Índices estatísticos entre a umidade gravimétrica e a estimada pelo o sensor DSMM500 para os dois perfis e para as diferentes profundidades.

Prof. (m)	REQM (%)	EMA	d
Perfil 1			
0,00-0,30	10	8,103	0,78
0,30-0,60	7	5,207	0,82
0,60-0,90	5	4,359	0,90
Perfil 2			
0,00-0,30	4	3,291	0,92
0,30-0,60	2	1,316	0,98
0,60-0,90	3	2,639	0,96

REQM: Raiz do erro quadrado médio; EMA: Erro médio absoluto; d: Índice de concordância;

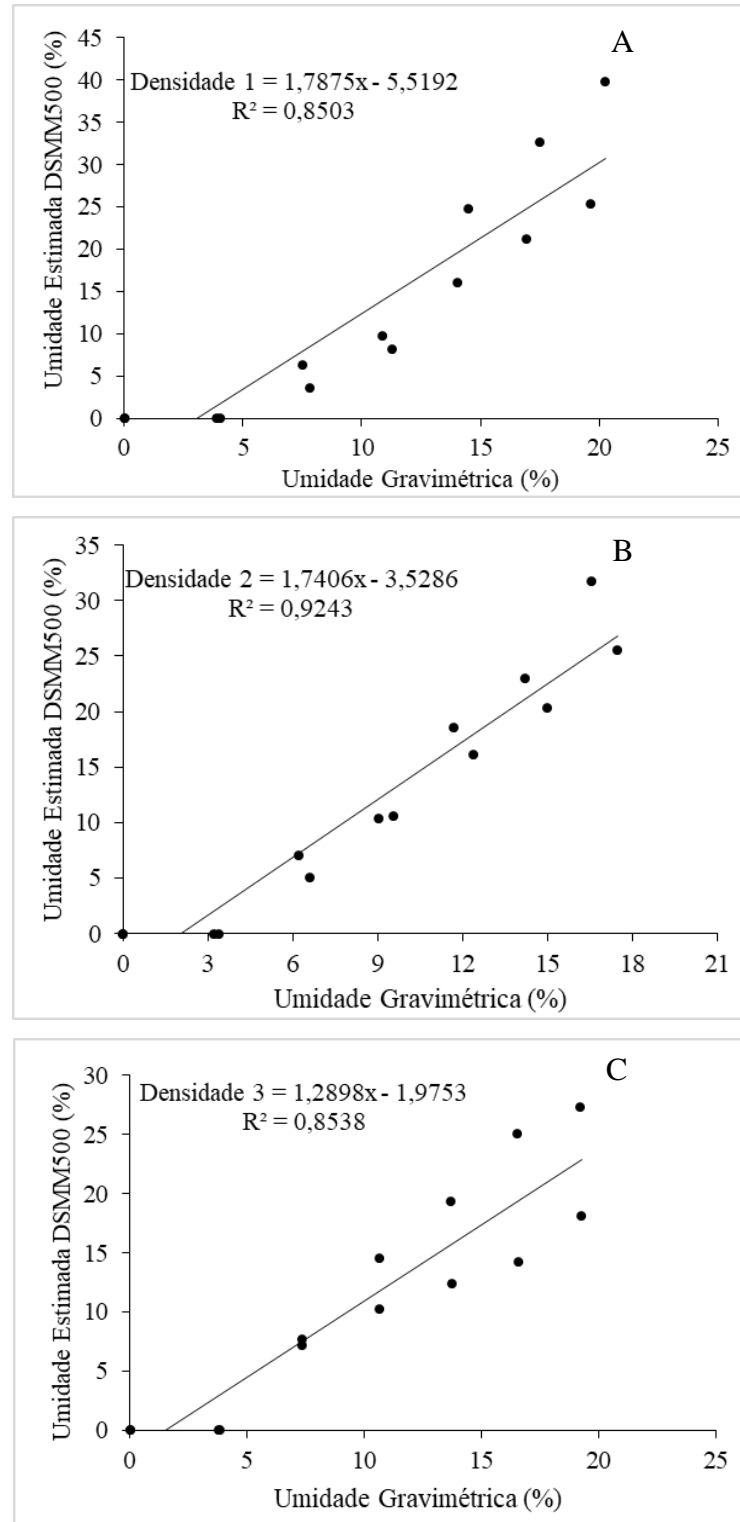
O erro médio absoluto (EMA) mede o afastamento médio das estimativas em relação aos valores observados, sendo que o seu valor ideal seria igual a zero. Neste estudo, para o perfil um, o maior erro médio absoluto observado foi de 8,103% para a camada de 0,00-0,30m e o menor de 4,359% para a camada de 0,60-0,90m. O perfil dois mostrou melhores valores EMA, sucedendo de forma crescente 1,316; 2,639 e 3,291 para as camadas de 0,30-0,60m, 0,60-0,90m, 0,00-0,30m.

O índice de concordância “d” (Tabela 1) mostra a exatidão do uso do sensor para

estimar a umidade de solo. Para o perfil um a camada de 0,60-0,90m apresentou maior exatidão para a estimativa de umidade de solo que foi de 90%. Para o perfil dois todas as camadas apresentaram índice de concordância maior que 0,90, validando o uso do sensor DSMM500 como uma ferramenta de medida de umidade do solo na agricultura.

Os gráficos da Figura 3, mostra a regressão entre os valores de umidade obtidos pela leitura do sensor DSMM500, e a umidade real do solo (método gravimétrico), para as diferentes densidades de solo. Os coeficientes

de determinação ( $R^2$ ) independente da densidade ficaram acima de 0,85.



**Figura 3.** Regressão linear para calibração de sensores DSMM 500 para o Latossolo Vermelho distrófico, nas densidades: A-  $1,20 \text{ Mg.m}^{-3}$ ; B-  $1,46 \text{ Mg.m}^{-3}$ ; C-  $1,25 \text{ Mg.m}^{-3}$ .

As amostras de solo com densidade igual a  $1,46 \text{ Mg.m}^{-3}$  obteve a maior coeficiente de correlação para a regressão (0,92). Desse modo, as equações geradas através da regressão linear podem ser usadas para calibrar o sensor DSMM500 em um latossolo vermelho distrófico, nesta densidade.

A variabilidade de equação de ajuste para calibração DSMM500 para as diferentes densidades pode estar relacionado com a alteração de estrutura do solo ao longo do perfil, presença de raízes, porosidade, condutividade hidráulica ou compactação (Prado; Carvalho, 2005). Assim, a precisão e acurácia de uma equação geral para calibração

do sensor DSMM500 depende majoritariamente de características físicas do solo, que da classe do solo como suposto neste estudo, haja vista que estes solos são minerais, homogêneos e com pouca diferenciação entre os horizontes (LEPSCH, 2010).

A Tabela 2 apresenta os índices estatísticos calculados para a análise as sensibilidades da calibração do sensor DSMM500 em função das diferentes densidades do solo. Nota-se que quando ao REQM quando maior a densidade da amostra de solo menor foi o seu valor. Evidenciando que em solos compactados o sensor também é capaz de estimar a umidade com eficiência.

**Tabela 2.** Índices estatísticos entre a umidade volumétrica atual e a observada (calibração de fabricação) para as diferentes densidades do solo.

Densidade ( $\text{Mg.m}^{-3}$ )	REQM (%)	EMA	d
1,20	8	5,370	0,84
1,25	6	4,249	0,86
1,46	4	2,837	0,93

REQM: Raiz do erro quadrado médio; EMA: Erro médio absoluto; d: Índice de concordância;

O erro médio absoluto nos apresenta que com o aumento da densidade do solo, este também diminui. Ficando entre 5,370% para a densidade de  $1,20 \text{ Mg.m}^{-3}$  a 2,837% para a densidade de  $1,46 \text{ Mg.m}^{-3}$ . Em relação a exatidão da curva (índice de concordância) para a calibração do sensor em relação a densidade do solo, independentemente da densidade todas apresentaram exatidão maior ou igual a 0,84.

De acordo com Pereira et al. (2018) há a necessidade de calibração do sensor de umidade do solo específica para cada tipo de solo e densidade para que este forneça valores eficazes para manejar a irrigação de solos com mesma classe e similaridade de atributos químicos.

## CONCLUSÃO

O sensor de umidade do solo DSMM500, General Tools, apresenta boa acurácia na leitura da umidade do Latossolo Vermelho Distrófico, e a utilização da equação de ajuste para cada tipo de solo e densidades diferentes maximiza a precisão do aparelho.

## REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno / Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2017.

ANTUNES JÚNIOR, E. J.; ALVES JUNIOR, J.; CASAROLI, D. Calibração do sensor capacitivo EC-5 em um Latossolo em função da densidade do solo. **Revista engenharia na agricultura**, v. 26, p. 80-88-88, 2018.

BOGENA, H.R.; HUISMAN, J.A.; OBERDÖRSTER, C.; VERECKEN, H. Evaluation of a low-coast soil water content sensor for wireless network applications. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.344, p.32-42, 2007.

BRULAND, G. L., RICHARDSON, C. J. Spatial variability of soil properties in created, restored, and paired natural wetlands. **Soil Science Society of America Journal** v. 69, n. 1, p. 273-284, 2005.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do Desempenho de Diferentes Métodos de Estimativa da Evapotranspiração Potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CRUZ, T.M.L.; TEIXEIRA, A.S.; CANAFÍSTULA, F.J.F.; SANTOS, C.C.; OLIVEIRA, A.D.S.; DAHER, S. Avaliação de sensor capacitivo para o monitoramento do teor de água do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 33-45, 2010.

DOLEZAL, F.; LITSCHMANN, T.; KUCERA, J.; PETERKOVA, J. Field and laboratory ad hoc calibrations of virrib and theta probe dielectric sensors for soil moisture measurements. **Soil and Water Research**, v. 3, n. 4, p. 199-214, 2008.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. Ed. Revisada e Ampliada. Brasília- DF, p. 30. 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 353 p.

GENERAL TOOLS. **General tools & instruments**. Disponível em: <https://www.generaltools.com/soil-moisture-meter>. Acesso em: 20 nov. 2018.

KITIĆ, G.; CRNOJEVIĆ-BENGIN, V.A. Sensor for the Measurement of the Moisture of Undisturbed Soil Samples. **Sensors**, v. 13, n. 2, p. 1692-1705, 2013.

LOPES, J.F.; ANDRADE, E.M.; CHAVES, L.C.G. Impacto da irrigação sobre os solos de perímetros irrigados na Bacia do Acaraú, Ceará, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 1, p. 34-43, 2008.

MATOS, R.M.; DANTAS NETO, J.; LIMA, A.S.; SILVA, P.F.; BORGES, V.E.; SOBRINHO, T.G. Teor de umidade por diferentes métodos em Neossolo do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.11, nº.4, p. 1588 - 1597, 2017.

MENDES, W.C.; ALVES JÚNIOR, J.; CUNHA, P.C.R.; SILVA, A.R.; EVANGELISTA, A.W.P.; CASAROLI, D. Lixiviação de nitrato em função de lâminas de irrigação em solos argiloso e arenoso. **Irriga**, v.1, n.2, p.47-56, 2015.

MORTL, A.; MUÑOZ-CARPENA, R.; KAPLAN, D.; LI, Y. Calibration of a combined dielectric probe for soil moisture and porewater salinity measurement in organic and mineral coastal wetland soils. **Geoderma**, v.161, n. 1-2, p. 50- 62, 2011.

PEREIRA, Y.M.; MIRANDA, R.F.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A.W.P. Calibração do sensor ech2o, modelo ec-5 para Latossolo vermelho distrófico. **Global Science Technology**, Rio Verde, v.11, n.03, p.68-76, set/dez. 2018.

SILVA, B.M.; OLIVEIRA, G.C.; SERAFIM, M.E.; SILVA JÚNIOR, J.J.; COLOMBO, A.; LIMA, J.M. Acurácia e calibração de sonda de capacitância em Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 277-286, 2012.

SOUZA, C.F.; PIRES, R.C.M.; MIRANDA, D.B.; VARALLO, A.C.T. Calibração de sondas FDR e TDR para a estimativa da umidade em dois tipos de solo, **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 597-606, 2013.

SPELMAN, D.; KINZIL, K-D.; KUNBERGER, T. Calibration of the 10HS Soil Moisture Sensor for Southwest Florida Agricultural Soils. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 139, n. 12, p. 965-971, 2013.

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