

CALIBRAÇÃO DE SONDA TDR EM UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO

Joabe Martins de Souza¹, Edvaldo Fialho dos Reis², Robson Bonomo³, Lucas Rosa Pereira⁴

RESUMO

Para o correto manejo da irrigação, o conhecimento da umidade do solo é de suma importância, para determinar o momento e quantidade adequada de água a ser aplicada nas culturas, dentre as técnicas de determinação da umidade do solo, a de TDR tem se destacado por ser não destrutiva e rápida. Objetivou-se com esse trabalho a calibração de sonda TDR em um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com café Conilon, afim de, verificar sua eficaz na determinação da umidade do solo. O experimento foi conduzido em três áreas, onde tubos foram dispostos em seis pontos em relação à planta, sendo um ponto na linha de plantio entre duas plantas e cinco pontos na entrelinha (0,10; 0,40; 0,70; 1,10 e 1,50 m da planta), e em quatro profundidades (0,00-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60 e 0,60-0,80 m) com três. As umidades do solo obtidas através da técnica TDR foram ajustadas através de regressão com o método padrão de estufa para todas as áreas e profundidades. Para esse ajuste foram utilizadas 50 amostras indeformadas. O modelo de TDR utilizado tem sua aplicabilidade, no campo, viabilizada, com um ajuste excelente e baixos erros na estimativa da umidade do solo para o tipo de solo estudado. As profundidades estudadas não afetaram o desempenho do TDR, mostrando a sua eficaz para o monitoramento da água no solo em diferentes camadas. As estimativas da umidade do solo apresentaram menor desempenho e maior erro na textura argilosa, porém não inviabilizou as leituras pela técnica TDR.

Palavras-Chave: Umidade do solo, Reflectometria no Domínio do Tempo, Tipos de solos, Argiloso.

CALIBRATION PROBE TDR IN A RED YELLOW LATOSOL

ABSTRACT

¹ Doutorando em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: joabenv@gmail.com

² Professor Associado do Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: edreis@cca.ufes.br

³ Professor do Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: robsonbonomo@gmail.com

⁴ Doutorando em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: lucasrosapereira@hotmail.com

For proper irrigation management, soil moisture knowledge is of paramount importance to determine the time and proper amount of water to be applied on crops, among the techniques of determining soil moisture, the TDR has been highlighted by be nondestructive and fast. The objective of this work TDR probe calibration on a Red Yellow Latosol cultivated with coffee Conilon to, check their effective in determining soil moisture. The experiment was conducted in three areas where pipes were arranged in six points in relation to the plant, being a point in the planting line between two plants and five points in leading (0.10, 0.40, 0.70, 1, 10 and 1.50 m from the plant), and four depths (0.00 to 0.20; 0.20-0.40; 0.40-0.60 and 0.60-0.80 m) with three. Soil moisture obtained by TDR technique were adjusted by regression to the standard oven method for all areas and depths. For this adjustment were used 50 undisturbed samples. TDR model used has its applicability in the field, made possible with an excellent fit and low errors in estimating soil moisture for the soil studied. The depths studied did not affect the performance of TDR, showing its effective for monitoring soil water in different layers. Estimates of soil moisture had lower performance and higher error in clayey, but did not invalidate the readings by TDR technique.

Keywords: Soil moisture, Time Domain Reflectometry, Types of Soil Argillaceous.

INTRODUÇÃO

O manejo da irrigação constitui uma técnica muito importante do ponto de vista econômico e ambiental numa atividade agrícola irrigada, proporcionando economia de água, energia, aumento da produtividade da cultura e melhoria na qualidade do produto (BONOMO et al., 2013). Os métodos mais utilizados para o correto manejo de irrigação são aplicados através dos dados atmosféricos ou do acompanhamento da umidade do solo (GAVA et al., 2016).

Segundo Nunes et al. (2015) o conhecimento do “status” da água no solo é de importância primordial, uma vez que é permitido um manejo correto desse fator de produção agrícola em áreas irrigadas, isto é, propicia a estimativa do momento e da quantidade de água que deve ser fornecida ao solo para a manutenção do cultivo sob condições hídricas adequadas, na busca da maximização da produtividade.

O manejo da irrigação via solo segundo Dabach et al. (2016) é fundamentado no monitoramento do conteúdo e na disponibilidade de água no solo. Esse manejo tem como princípio determinar a umidade do solo na zona do sistema radicular e repor o volume de água necessário até atingir a capacidade de campo do solo.

A medida da umidade do solo expressa, de forma quantitativa, o conteúdo de água que este apresenta, em um dado momento. Existem vários métodos para se determinar a umidade do solo, cada um apresentando vantagens e desvantagens. Os métodos de determinação de umidade no solo podem ser classificados em diretos e indiretos. O método gravimétrico pode ser realizado com a utilização de uma estufa ou um forno de microondas. Assim, como os demais métodos diretos, este é destrutivo, o que impede a repetição da medida da umidade no local (TRINTINALHA et al., 2001).

Os métodos indiretos são aqueles por meio dos quais se torna possível determinar a quantidade de água presente no solo utilizando-se medidas de características dos mesmos, relacionadas com a umidade do solo (TRINTINALHA et al., 2001). Dentre os métodos para a estimativa do teor de água no solo, a técnica da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) vem-se destacando em relação aos demais, principalmente por ser um método rápido, não destrutivo e que possibilita a automação da aquisição dos dados (BIZARI et al., 2011).

Esses métodos também apresentam algumas desvantagens, tais como a necessidade de calibração que, na maioria das vezes, pode ser influenciada por características do solo e por variações decorrentes do próprio meio ambiente (TRINTINALHA et al., 2001).

Diante disso objetivou-se nesse trabalho a calibração de sonda TDR em um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com café Conilon no norte Capixaba, afim de, verificar sua eficaz na determinação da umidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em três áreas de cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), cultivar “Conilon Vitória”, irrigado por gotejamento. As áreas estão localizadas no município de São Mateus, ES, sendo a área 01 e 02 localizadas na lat. 18° 45' S, long. 40° 06' W e lat. 19° 45' S, long. 42° 06' W e altitude média de 90 m respectivamente. Já a área 03 está localizada lat. 18° 40' S long. 40° 02' W, com altitude média de 80 m.

O clima do município de São Mateus é classificado segundo Köppen em Aw, caracterizado por clima tropical úmido, com inverno seco e chuvas máximas no verão. A precipitação média anual é de 1.200 mm concentrada entre os meses de novembro e janeiro. A temperatura média anual é de 23°C, e as médias máximas e mínimas são de 29°C e 18°C, respectivamente (NÓBREGA et al., 2008).

Os solos das áreas de estudo 01 e 02 foram classificados como Latossolo Vermelho Amarelo, textura de arenosa a média, típico de tabuleiros, o solo da área 03 foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilo arenosa, segundo metodologia da Embrapa (2013), predominando em todas as áreas solos com topografia plana com declividade inferior a 1%.

O manejo da irrigação na área 01 foi realizado via clima, a lâmina de água era aplicada duas vezes na semana, com vazão dos emissores de 2 L h⁻¹ e coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) igual a 91 e 90% respectivamente. Na área 02 o manejo da irrigação era realizado aplicando duas horas de irrigação todos os dias, com vazão dos emissores de 2,5 L h⁻¹, com CUC e CUD igual a 90 e 89% respectivamente. O manejo da irrigação na área 03 era realizado irrigando 2,5 horas duas vezes

na semana, totalizando 5 horas semanais, utilizando emissores com vazão de 2,5 L h⁻¹, e com uniformidade de Christiansen e de distribuição igual a 91 e 90% respectivamente.

Para medição da umidade do solo por meio reflectometria no domínio do tempo (TDR) foi realizada instalação nas três áreas estudadas, tubos de acesso de Tecanat, com 4,4 cm de diâmetro e 1 metro de profundidade. Os tubos foram dispostos em seis pontos em relação à planta, sendo um ponto na linha de plantio entre duas plantas e cinco pontos na entrelinha (0,10; 0,40; 0,70; 1,10 e 1,50 m da planta), sendo as medições realizadas em quatro profundidades (0,00-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60 e 0,60-0,80 m) com três repetições em cada área estudada.

As umidades do solo obtidas através da técnica TDR foram ajustadas através de regressão com o método padrão de estufa para todas as áreas e profundidades estudadas. Para esse ajuste foram utilizadas 50 amostras indeformadas, retiradas com amostrador tipo Uhland, com 0,05 m de diâmetro e 0,03 m de altura, a mesma distância dos tubos de Tecanat, em planta adjacente.

Ao final das coletas, as amostras foram levadas para estufa a 105 °C por 24 horas para a determinação da massa do solo seco, permitindo assim a obtenção das umidades em base gravimétricas correspondentes a cada ponto e profundidades, traçado assim as curvas de regressão para o ajuste das umidades do solo.

O indicador estatístico índice de confiança ou desempenho (c) proposto por Camargo e Sentelhas (1996) foi usado para comparar os valores estimados pelos diferentes modelos com os valores observados. O desempenho da sonda TDR quanto aos valores de umidade do solo foram caracterizados da seguinte forma: Ótimo ($c > 0,85$); Muito Bom ($0,76 \leq c \leq 0,85$); Bom ($0,66 \leq c \leq 0,75$); Mediano ($0,61 \leq c \leq 0,65$); Sofrível ($0,51 \leq c \leq 0,60$); Mau ($0,41 \leq c \leq 0,50$); e Péssimo ($c \leq 0,40$).

O índice de concordância de Willmott, “d” (Equação 1), o coeficiente de correlação de Pearson, “r” (Equação 2), segundo trabalho de Silva et al. (2011) e o índice de confiança ou desempenho “c” (Equação 3), foram calculados usando as seguintes equações:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \quad (1)$$

em que: d é o índice de exatidão, adimensional. Os valores de “d” podem variar de 0, para nenhuma concordância, a 1, para uma concordância perfeita; E_i é o valor estimado; O_i é o valor observado; \bar{O} é a média dos valores observados; e n é o número de observações.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

em que: r é o coeficiente de correlação de Pearson, adimensional; n é o número de observações; e x_1, x_2, \dots, x_n e y_1, y_2, \dots, y_n são valores medidos de ambas as variáveis. Os valores médios de x e y foram calculados, respectivamente, pelas Equações 2.1 e 2.2.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.1)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.2)$$

$$c = r \cdot d \quad (3)$$

em que: c é o coeficiente de confiança ou desempenho, adimensional; r é o coeficiente de correlação de Pearson; e d é o índice de concordância de Willmott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices estatísticos apresentaram-se ótimos para as áreas e profundidades estudadas (Tabela 1), apresentando valores elevados, resultados semelhantes encontrados por Carvalho et al. (2015) que verificaram que os parâmetros estatísticos obtidos para cada tipo de solo separadamente apresentam melhor correlação (R^2), concordância (d) e confiança (C), possibilitando obter pelo TDR valores mais coerentes para conteúdo de água no solo.

Tabela 1. Índices de concordância de Willmott (d), confiança ou desempenho (c) e o coeficiente de correlação de Pearson (r), para as quatro profundidades e áreas estudadas.

Áreas	Profundidade (m)	d	r	c
01	0,00-0,20	0,960	0,988	0,948
	0,20-0,40	0,962	0,988	0,950
	0,40-0,60	0,965	0,989	0,955
	0,60-0,80	0,989	0,992	0,981
02	0,00-0,20	0,943	0,990	0,933
	0,20-0,40	0,924	0,986	0,911
	0,40-0,60	0,959	0,986	0,946
	0,60-0,80	0,957	0,986	0,944
03	0,00-0,20	0,943	0,983	0,927
	0,20-0,40	0,938	0,977	0,916
	0,40-0,60	0,949	0,972	0,922
	0,60-0,80	0,943	0,966	0,911

A área 03 obteve-se valores inferiores de índices de desempenho e correlação, em relação as demais áreas estudadas, vale ressaltar ainda que a área 03 é constituído por uma textural argilosa o que pode ter influenciado os resultados, já que segundo Muñoz-Carpena (2015), o TDR apresenta aplicabilidade limitada em solos altamente salinos e com alto teor de argila. Ainda Medeiros et al. (2007), Ponizovsky

et al. (1999) e Santos et al. (2010), relatam que o teor de argila do solo, aumenta a superfície específica gerando maior quantidade de água adsorvida e menor quantidade de água livre na matriz do solo, apresentando constante dielétrica bem abaixo daquela da água livre.

Apesar disso os resultados demonstrando que a técnica TDR pode ser utilizada para o monitoramento da umidade do solo em áreas de

CALIBRAÇÃO DE SONDA TDR EM UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO

produção vegetal, para uma melhor utilização dos recursos hídricos e um correto manejo da irrigação, como relatado por Lopes et al. (2010), que o desempenho e a funcionalidade da TDR demonstraram aplicabilidade no monitoramento da umidade do solo. Porém é importante salientar que estudos realizados no território brasileiro demonstram que as equações recomendadas pelos fabricantes não são adequadas para alguns tipos de solos. Assim, surge a necessidade de ajuste de equações para cada tipo de solo (LOPES et al., 2010).

As equações de regressões obtidas entre o método TDR e o padrão mostraram um ajuste excelente para a determinação da umidade

do solo, com coeficientes de determinação (R^2) próxima a 1 (Figura 1). Os menores coeficientes foram obtidos para área 03, mesmo resultado encontrado para os índices estatísticos (Tabela 1), porém superiores a 0,90, resultados esses que confirmam que a utilização do TDR é viável para a estimativa da umidade do solo., resultado diferente encontrado por Cichota e Jong Van Lier (2004) que verificaram que o ajustes por profundidade ou por haste exibiram coeficientes de determinação muito baixos, e as curvas de calibração ajustadas aos dados de cada segmento mostraram grande variedade de respostas, com coeficientes de determinação desde próximo de zero até acima de 0,98, não sendo possível identificar tendências nessas variações.

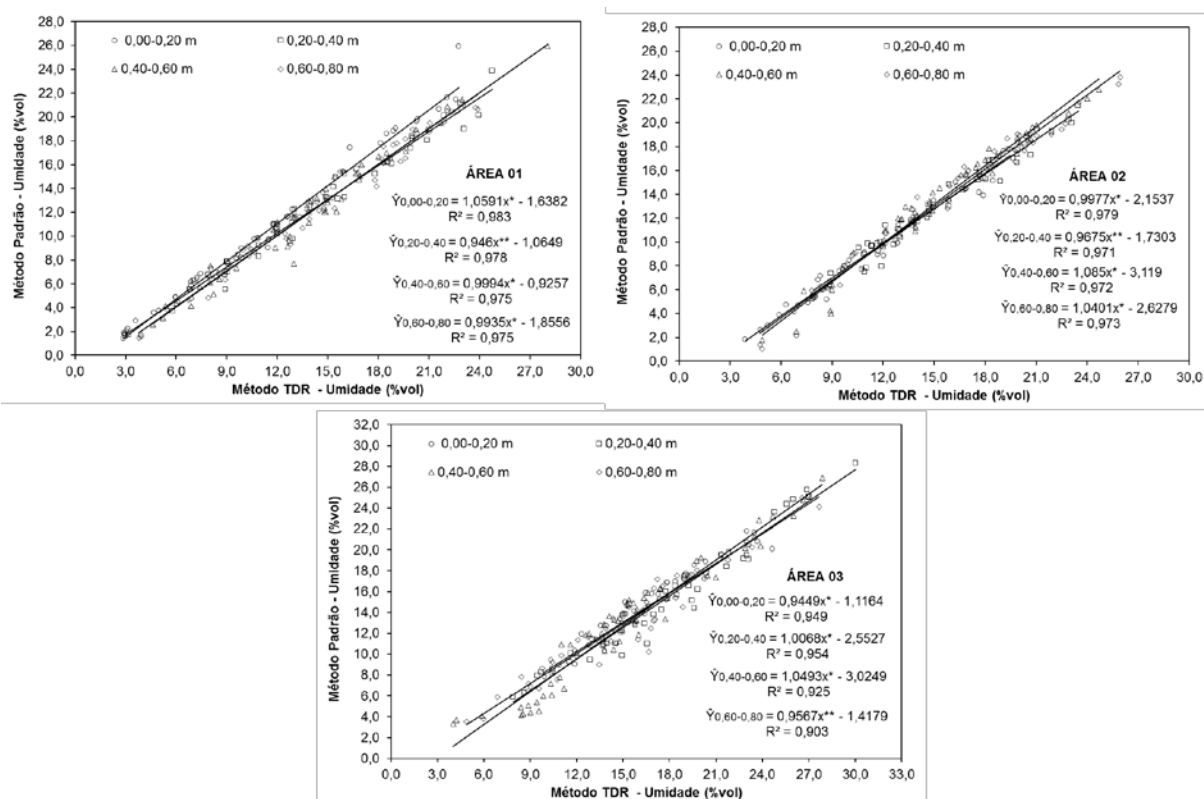


Figura 1. Equações de ajuste do TDR em relação ao método padrão de determinação da umidade do solo, em três áreas e quatro profundidades.

O uso do TDR superestimou a umidade do solo em relação ao método padrão, resultado semelhante encontrado por Souza et al. (2013), que verificaram que os valores de umidade do solo medidos com o FDR subestimaram os valores e as com o TDR superestimaram quando comparados com o método padrão. No entanto, as diferenças nos valores absolutos em relação à condição padrão

foram menores para o TDR. Os autores afirmaram que os métodos indiretos podem substituir o método padrão quando a acurácia não for essencial, mostrando-se aceitáveis para monitoramento da água no solo.

Ainda Nunes et al. (2015) estudando vários métodos de para determinação da lâmina bruta verificaram que a melhor correlação obtida com os dados do TDR foi observada para o

método do forno elétricos, método esse que também se correlaciona muito bem com o método padrão, mostrando assim um ajuste excelente da técnica TDR para o manejo da água no solo.

Os erros médios obtidos para as leituras variaram de $0,0095 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a $0,0195 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para área 01, $0,0195 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a $0,0223 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para área 02 e $0,0204 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a $0,0243 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para área 03. Topp e Davis (1985) obtiveram desvios de até $0,02 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ entre os valores de umidade medidos em um mesmo local, com uso do TDR e com o método gravimétrico, ao comparar valores obtidos em diferentes locais, o desvio foi de até $0,06 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, evidenciando o efeito da variabilidade do solo sobre a qualidade da informação fornecida pelo TDR.

Para as áreas 02 e 03 os maiores erros foram encontrados nas profundidades de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m, fato que pode estar relacionado com o conteúdo de matéria orgânica, já que Andrade et al. (2003) e Tommaselli e Bacchi (2001) constataram que os óxidos de ferro e os teores de matéria orgânica também causam influência na leitura da constante dielétrica do solo. Estes funcionam como efeito indireto, ou seja, determinam um aumento da superfície específica do solo. Ainda Kaiser et al. (2010) relatam um acréscimo da constante dielétrica para teores iguais de umidade volumétrica, proporcional ao aumento do teor de argila e óxidos de ferro presentes no solo.

CONCLUSÕES

O modelo de TDR utilizado tem sua aplicabilidade, no campo, viabilizada, com um ajuste excelente e baixos erros na estimativa da umidade do solo para o tipo de solo estudado.

As estimativas da umidade do solo nas profundidades estudadas não afetaram o desempenho do TDR, mostrando a sua eficaz para o monitoramento da água no solo em diferentes camadas.

As estimativas da umidade do solo apresentaram menor desempenho e maior erro

na textura argilosa, porém não inviabilizou as leituras pela técnica TDR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. L. T.; COSTA, E. L.; ALBUQUERQUE, P. E. P. Desenvolvimento e calibração de guias de onda para TDR. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v.7, n.1, p.173-176, 2003.

BIZARI, D. R.; MATSURA, E. E.; SOUZA, C. F.; ROQUE, M. W. Haste portátil para utilização de sondas de TDR em ensaios de campo. **Irriga**, Botucatu, v.16, n.1, p.31-41, 2011.

BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M.; MAGIERO, M. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.7, n.2, p. 157-169, 2013.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Equação para a estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, baseada no método de Hargreaves – 1974. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 77-81, 1996.

CARVALHO, T. R. A.; MASSARANDUBA, W. M.; FONTENELE, S. B.; VASQUES LANDIM, R. B. T.; MENDONÇA, L. A. R. Ajuste de modelo para determinar a umidade em Neossolo Flúvico com uso de uma sonda Time Domain Reflectometry (TDR). **Revista Agrarian**, Dourados, v.8, n.27, p.57-63, 2015.

CICHOTA, R.; JONG VAN LIER, Q. Avaliação no campo de um TDR segmentado para estimativa da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 72-78, 2004.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema**

brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 353p

DABACH, S.; SHANIA, U.; LAZAROVITCH, N. The influence of water uptake on matric head variability in a drip-irrigated root zone. **Soil & Tillage Research**, Amesterdã, v.155, p.216-224,2016.

GAVA, R.; SILVA, E. E.; BAIO, F. H. R. Calibração de sensor eletrônico de umidade em diferentes texturas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 10, n. 2, p.154-162, 2016.

KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; MINELLA, J. P. G. Dielectric constant obtained from TDR and volumetric moisture of soils in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 649-658, 2010.

LOPES, J. W. B.; COSTA, C. A. G.; PINHEIRO, E. A. R.; TOLEDO, C. E.; ARAÚJO, J. C. Calibração in loco de sensor de umidade do solo sob vegetação de caatinga preservada. In: IX Congresso Latino americano y del Caribe de Ingeniería Agrícola - XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - Vitória – ES. **Anais...** 2010.

MEDEIROS, J. D. F.; CATRO, N.; GOLDENFUM, J. A.; CLARKE, R. T. Calibração de Sondas do TDR em um Latossolo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.12, n.2, p.19-25, 2007.

MUÑOZ-CARPENA, R. **Field Devices For Monitoring Soil Water Content**. Agricultural and Biological Engineering Department, University of Florida.Publication , 2015.

NÓBREGA, N. E. F.; SILVA, J. G. F.; RAMOS, H. E. A.; PAGUNG, F. S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática de Thornthwaite e Köppen para o município de São Mateus – ES. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 18., 2008, São Mateus. **Anais...** São Mateus 2008.

NUNES, M. S.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; BRAGA, F. V. A.; BRAGAGNOLO, J. Comparação de lâminas brutas obtidas por métodos via solo e demanda evaporativa para manejo da irrigação. **Tecnologia & Ciências Agropecuária**, João Pessoa, v.9, n.1, p.39-43, 2015.

PONIZOVSKY, A. A.; CHUDINOVA, S. M.; PACHEPSKY, Y. A. Performance of TDR calibration models as affected by soil texture. **Journal of Hydrology**, v.218, p.35-42, 1999.

TRINTINALHA, M. A.; GONÇALVES, C. A. A.; FOLEGATTI, M. V.; TORMENA, C. A.; BERTONHA, A.; TSUKADA, J. Efeito da instalação e da variabilidade entre sondas no uso da técnica de TDR em um Nitossolo Vermelho Distroférico. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, n.5, p.1165-1171, 2001.

TOMMASELLI, J. T. G.; BACCHI, O. O. S. Calibração de um equipamento de TDR para medida de umidade de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1145-1154, 2001.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L. Measurement of soil water content using Time-domain Reflectometry (TDR): A Field Evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.49, n.1, p.19- 24, 1985.

SANTOS, M.R.; ZONTA, J.H.; MARTINEZ, M.A. Influência do tipo de amostragem na constante dielétrica do solo e na calibração de sondas de TDR. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 34, p.299-307, 2010.

SILVA, V. J.; CARVALHO, H. P.; DA SILVA, C. R.; CAMARGO, R.; TEODORO, R. E. F. Desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária em Uberlândia, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 95-101, 2011.

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**, Botucatu, v.18, n.4, p.597- 606, 2013.