

CONSTRUÇÃO E CALIBRAÇÃO DE SONDAS DE TDR PARA ESTIMATIVA DE UMIDADE DO SOLO SOB ESTRESSE HÍDRICO

Aureliano R. R. Ramos¹, Nicolas A. de S. Taniguchi¹, Maxwell P. de S. Lima¹, Lígia B. Marinho², Lucas M. Vellame³, João B. Tolentino Junior⁴, Magnus D. I. Deon⁵

(1) Discente de graduação e Bolsista IC, Picin, DTCS, UNEB, Juazeiro, BA.

(2) Professora, DTCS, Uneb, Juazeiro, BA. E-mail: lbmarinho@uneb.br.

(3) Professor, UFRB, Cruz das Almas, BA.

(4) Professor, Campus Curitibanos, UFSC, SC.

(5) Pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Resumo:

Sob restrição hídrica, a utilização de sensores para monitoramento da umidade do solo é essencial, no entanto se limita a alguns equipamentos, destacando-se como promissora a Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR). A manufatura das suas sondas é uma possibilidade de viabilizar a sua adoção, uma vez que seu custo de aquisição é elevado. Além disso, pode requerer a calibração local, a depender do tipo de solo. Por isso, o objetivo do estudo foi confeccionar e obter a equação de calibração das sondas de TDR para o Neossolo Flúvico, além de avaliar seu desempenho na estimativa da umidade do solo em pesquisa com meloeiro (*Cucumis melo* L.) sob estresse hídrico. Após a confecção das sondas, foram realizados calibração em laboratório e teste de funcionalidade, posteriormente foi determinada a umidade do solo em estudo com meloeiro submetido a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc). A equação de calibração ajustou-se linearmente e com elevado coeficiente de determinação, diferindo da equação de Topp e Ledieu. As sondas de TDR manufaturadas apresentaram bom desempenho e mostraram-se aplicáveis para estimativa de umidade do solo sob déficit hídrico.

Palavras-chave:

Cucumis melo; reflectometria no domínio do tempo; déficit hídrico.

Apoio financeiro:

Uneb, Picin, Fapesb, referente ao Termo de Outorga 20/2014 e ao CNPq, referente ao Processo 460861/2014-0, para execução do projeto.

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição:

Universidade do Estado da Bahia.

Introdução:

Conhecer a distribuição da água no solo é de suma importância para o bom manejo de irrigação nos cultivos agrícolas. Em situação de limitação dos recursos hídricos, o conhecimento da relação água-solo-planta-atmosfera se faz crucial para analisar a viabilidade da atividade agrícola e/ou para mitigar os impactos negativos da redução do atendimento da demanda hídrica das culturas irrigadas na produção.

Para estimativa da umidade presente no solo, podem ser utilizados vários métodos, entre eles, a tensiometria, a sonda de nêutrons e a reflectometria no domínio do tempo (TDR), especialmente sob condição de déficit de água no solo este último tem sido viável na aquisição dos resultados, (Carvalho et al., 2011; Lima et al., 2012) podendo ser considerado como promissor, principalmente por apresentar alta precisão, permitir automação, não perder a funcionalidade a um determinado potencial, entre outras vantagens. Tendo como o inconveniente o seu elevado custo, o qual pode ser reduzido com a manufatura das sondas, as quais são normalmente importadas (Coelho et al., 2006). A técnica de Reflectometria no Domínio do Tempo foi aplicada aos solos Topp et al. (1980) e gerada modelo de calibração. Contudo, outros autores (Tommaselli, 1997; Souza et al., 2013) têm verificado a necessidade de ajuste da equação de calibração para cada tipo de solo.

Diante do exposto, estudo foi confeccionar e obter a equação de calibração das sondas de TDR para o Neossolo Flúvico, além de avaliar seu desempenho na estimativa da umidade do solo em pesquisa com meloeiro (*Cucumis melo* L.) sob ao estresse hídrico.

Metodologia:

A construção e calibração das sondas de reflectometria no domínio do tempo foram executadas no Laboratório de Hidráulica, Irrigação e Drenagem- HIDREN, no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS), da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), em Juazeiro-BA. O solo utilizado foi o Neossolo Flúvico, típico do Vale do Submédio São Francisco, a qual teve sua caracterização físico-hídrica no Laboratório de solos da Embrapa Semiárido conforme Embrapa, (1997). As sondas de TDR foram confeccionadas com base em metodologia proposta por Souza et al., 2006a, com alterações realizadas por Tolentino Junior, 2011. Para a calibração das sondas TDR, amostras de solo foram acondicionadas em colunas de tubos de PVC, com densidade do solo de $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ e logo após saturação do solo foram inseridas as sondas, uma por coluna, e conectadas a um equipamento de reflectometria no Domínio do Tempo (TDR 100 Campbell), o qual estava associado a um coletor de dados (datalogger CR800, Campbell SCi.) e a três multiplexadores (AM 1632, Campbell SCi.), efetuando-se leituras médias de constante dielétrica aparente (K_a), a cada 15 minutos, conforme Santos et al. (2012).

Com os dados de K_a e da umidade volumétrica, determinada por gravimetria e multiplicada a densidade do solo, os dados foram ajustados por regressão, para obtenção da equação de calibração. Posteriormente, foi determinada a umidade do solo num experimento com meloeiro, cultivado em ambiente protegido, em recipiente com capacidade volumétrica de 5 L, preenchidos com o mesmo tipo de solo e submetidos à diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura (ETc), determinada por lisimetria de pesagem). Os dados de umidade foram comparados em função das diferentes lâminas aplicadas e expostos ao longo das horas do dia, com a finalidade de indentificar o bom funcionamento das sondas de TDR.

Resultados e Discussão:

A equação média de calibração das sondas de TDR, para o Neossolo Fluvico, em função dos valores médios da umidade do solo e da K_a , se ajustou ao modelo linear ($\theta = 7,3 \cdot 10^{-3} K_a + 2,498 \cdot 10^{-1}$, $R^2 = 0,9958$), diferenciando-se dos modelos de Topp et al. (1980) e de Lediu (1986), recomendados pelo fabricante do equipamento. Observando-se subestimativa dos valores de umidade do solo ao se utilizar a equação de Topp et al. (1980)

conforme apresentado na Figura 1.

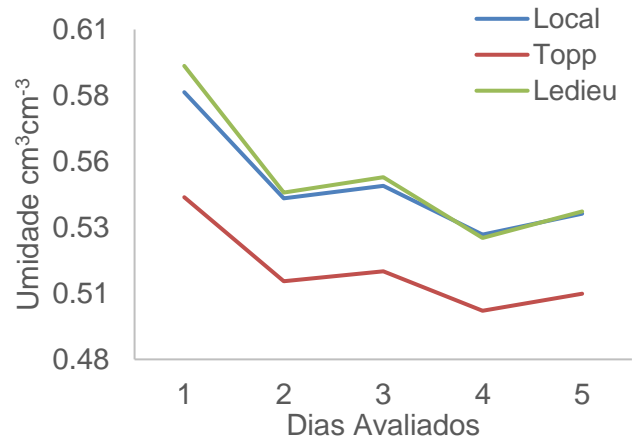


Figura 1. Umidade do Neossolo Flúvico, estimada por TDR, com diferentes equações de calibração.

Boa relação entre as equações de calibração local e de Ledieu, o mesmo não foi verificado para a estimativa de umidade pela equação de Topp (Figura 2).

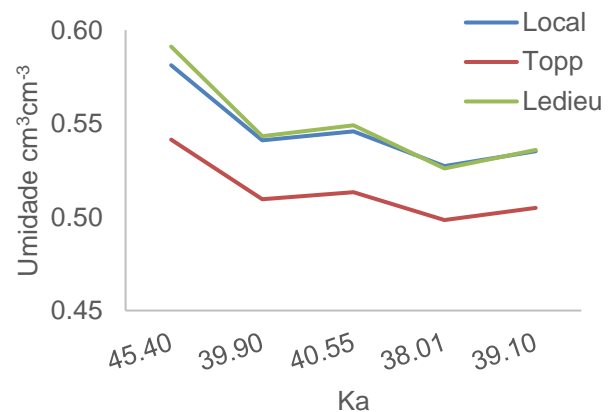


Figura 2. Relações obtidas entre as equações de calibração local, Topp e Ledieu, para o Neossolo Flúvico.

A umidade do solo variou ao longo do dia, em função das lâminas de água aplicadas via irrigação (Figura 3), resultante da taxa de evapotranspiração da cultura e redução do armazenamento de água no solo. Foi observada redução da umidade ao longo do dia e incremento após o evento da irrigação, indicando bom funcionamento das sondas TDR e eficiência em aplicação na área da pesquisa sob déficit hídrico, com menor potencial mátrico, que poderia limitar o uso de outros sensores, como por exemplo, tensiômetros.

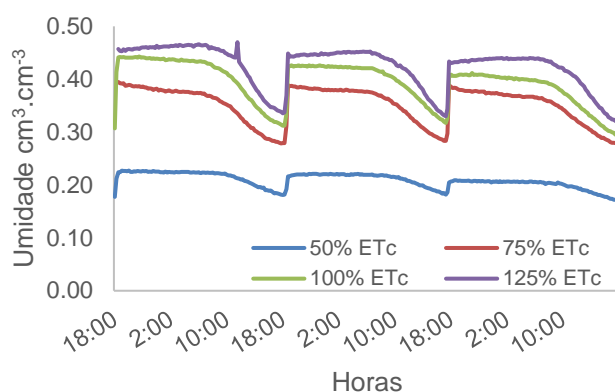


Figura 3. Variação da umidade do solo cultivado com meloeiro, em função das lâminas de água, ao longo das horas dos dias.

Conclusões:

A equação de calibração ajustou-se linearmente e com elevado coeficiente de determinação, diferindo das equações do fabricante.

As sondas de reflectometria no domínio do tempo manufaturadas apresentam bom desempenho e reduzem os custos de investimento inicial, mostrando-se aplicável para estimativa de umidade do solo sob déficit hídrico.

Referências bibliográficas

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA NETO, D.H.; RIBEIRO, R.L.D, GUERRA, J.G.M; ROUWS, J.R.C. manejo da irrigação associada a coberturas mortas vegetais no cultivo orgânico da beterraba, *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.31, n.2, p.269-277, 2011.

COELHO, E.F.; VELLAME, L. M; COELHO FILHO, M.A; LEDO, C. A. S. Desempenho de modelos de calibração de guias de onda acopladas a tdr e a Multiplexadores em três tipos de solos. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.30, p. 23-30, 2006.

EMBRAPA. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro.

Ledieu, J., P. De Ridder, P. De Clerck, and S. Dautrebande. 1986. "A method of measuring soil moisture by time-domain reflectometry," *J. Hydrol.* 88:319-328.

LIMA, M. E; CARVALHO, D.F; SOUZA, A. P.; ROCHA, H.S; GUERRA, J.G.M. Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação,

Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, v.16, n.6, p.604–610, 2012.

TOMMASELLI, J.T.G. Influência de algumas características do solo sobre a calibração de um equipamento de TDR (Time-Domain Reflectometry). 1997. Ano de Obtenção: 1997. 109p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade de São Paulo - ESALQ, 1997.

TOPP, G.C.; DAVIS, J.L.; ANNAN, A.P.; Eletromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. *Water Resources Research*, Washington, V.16, p. 574-582, 1980

SANTOS, D.B.S.; CECÍLIO, R.A.; COELHO, E.F.; BATISTA, R.O.; SILVA, A.J.P. Calibração de TDR: desempenho de alguns métodos e equações de calibração, *Ciencias Agrárias*, v.5, n.16, p.131-139, 2012.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E.E.; FOLEGATTI, M.V.; COELHO, E.F.; OR, D. Sondas de TDR para a estimativa da umidade e da condutividade elétrica do solo. *Irriga, Botucatu*, v. 11, n. 1, p. 12-25, 2006a.

SOUZA, C. F.; PIRES, C.R.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.

TOLENTINO JUNIOR, J.B. Modelagem de bulbo molhado em irrigação por gotejamento. Tese Doutorado. Piracicaba, 2011. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 2011. 101p.