

SONDAS DE TDR COM DIFERENTES CAPACITÂNCIAS E A QUALIDADE DA ESTIMATIVA DA UMIDADE DO SOLO.

João Vitor Da Silva Domingues (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Antonio Carlos Andrade Gonçalves (Orientador), e-mail: acagoncalves@uem.br

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Ciências Agrárias/Maringá, PR.

Área Engenharia do solo e águas.

Palavras-chave: TDR, constante dielétrica, umidade.

Resumo

A umidade do solo é uma variável importante no manejo da irrigação podendo ser estimada por diversos equipamentos. A TDR (Time Domain Reflectometry), é uma das melhores tecnologias existentes para proceder a estimativa da umidade do solo. Entretanto, o elevado custo das sondas tem sido um entrave para a sua utilização. Uma alternativa que tem sido adotada no Brasil é a utilização de sondas artesanais. Contudo, há evidências que o seu funcionamento está intimamente relacionado com a qualidade dos capacitores utilizados. O objetivo do trabalho foi avaliar sondas construídas utilizando capacitores com diferentes valores de capacitância, comparando-os com sondas sem capacitores e com sondas fabricadas industrialmente. As sondas foram avaliadas em um processo de secagem do solo conduzido no vaso. Foi adotado um arranjo de tratamentos fatorial com 4 níveis para fator sondas e 21 níveis para o fator umidade do solo, sendo utilizado a variável resposta constante dielétrica aparente (k_a), com 3 repetições. Para a comparação dos tratamentos foi utilizado o teste de Tukey e análise de regressão adotando o nível de significância de 5 %. De acordo com os resultados, a presença de capacitores propicia maiores valores de K_a em relação às sondas sem capacitores para qualquer faixa de umidade do solo imposta. Sondas fabricadas com capacitores de 1,6 e 5,4 pF não diferiram significativamente nos valores das variáveis respostas com as sondas industriais.

Introdução

A umidade do solo é uma variável utilizada no manejo da irrigação e em estudos físico-hídrico do solo. Essa variável pode ser obtida por meio do emprego de métodos indiretos que possibilitam a estimativa da umidade do solo. Dentre os métodos indiretos existentes, destaca-se a TDR. Segundo Gomide (1998), esta técnica tem despertado o interesse dos pesquisadores, pois é uma técnica não destrutiva, que não utiliza radiação, de manuseio

fácil, portátil e apresenta elevada exatidão no processo de estimativa da umidade do solo. No entanto, esta técnica apresenta importantes limitações, devido ao elevado custo do equipamento e das sondas comercializadas, restringindo a sua aplicação em campo. O elevado custo das sondas industriais tem sido contornado com a construção artesanal de sondas, tornando mais baratas. Existem evidências que a qualidade destas sondas depende significativamente das especificações do capacitor empregado. Em virtude dessa problemática o presente trabalho teve como objetivo avaliar sondas construídas utilizando capacitores com diferentes valores de capacitância, comparando com sondas sem capacitores e com sondas fabricadas industrialmente.

Materiais e métodos

Foram fabricadas 3 variações de modelo das sondas, diferenciando entre si pela presença e a ausência de capacitores, sendo que nas sondas com capacitores foram utilizados capacitores de 1,6 e 5,4 pF. Para a construção das sondas foi utilizado um molde de madeira, com furos distanciados de 25 mm, fixando diversas hastes de aço inoxidável de 0,22m de comprimento e de 3,3 mm de diâmetro. Foi utilizado cabo coaxial de 50 ohms, com 2 m de comprimento, em uma das extremidades foi instalado um conector BNC de 50 ohms.

Na outra extremidade foi separada a malha metálica externa do fio interno, sendo soldado um capacitor cerâmico de 5,4 ou 1,6 pF. Estas extremidades foram fixadas por meio de solda de estanho nos conectores que estavam presos às hastes metálicas. Em seguida foi adicionado resina de fibra de vidro com objetivo de compor a ancoragem das hastes em um corpo sólido, contendo em seu interior a região que foi feita a soldagem dos cabo coaxial e do capacitor.

Um vaso de 20 L foi preenchido com 13 kg de massa de solo seco de um Nitossolo vermelho. Foram dispostas radialmente 12 sondas, cravando-as na superfície do solo, no vaso, as sondas sem capacitor, sondas com capacitor de 1,6 pF, sondas com capacitor de 5,4 pF e sondas industriais, 3 sondas de cada tipo.

As medidas de K_a foram realizadas utilizando o equipamento de TDR modelo TRASE (Soil Moisture, Inc). As sondas tiveram seu desempenho avaliado em uma faixa de valores de umidade do solo ao longo de um processo de secamento do solo, partido da condição de saturação.

Foi adotado no experimento um arranjo de tratamentos fatorial, sendo adotado os fatores sondas e umidade do solo adotando 3 repetições. Os níveis do fator sondas foram: sondas sem capacitor (SSC), sondas com capacitor de 1,6 pF (SC1), sondas com capacitor de 5,4 pF (SC2) e sondas industriais (SI). Foi adotado 21 níveis para o fator umidade do solo, sendo os valores 0,256 e 0,393 kg kg^{-1} mínimo e máximo respectivamente dos níveis do fator. A unidade experimental foi composta por uma quadrícula de 3 x 5 cm da superfície do solo existente no vaso. A variável resposta adotada foi a constante dielétrica avaliada pela leitura das sondas, sendo submetidas a

análise de variância, utilizando teste de Tukey para o teste de média e análise de regressão no nível de probabilidade de $p < 0,05$.

Resultados e Discussão.

Na tabela 1 é apresentado o teste de média para o fator principal sonda. No nível de probabilidade adotado no teste comprova-se que a SSC apresentou valores médios de K_a inferior à SC1, SC2 e SI, sendo que houve uma subestimativa em torno de 10 unidades de K_a . Esta amplitude de K_a é expressiva, considerando que os valores de k_a de 25 e 14 são respectivamente correspondentes para a condição de umidade do solo na capacidade de campo e ponto de murcha permanente.

Tabela1. Teste de média das sondas para o fator principal.

Sonda	K_a médio
SSC	15,582609 a1
SC2 - 5,4 pF	25,179710 a2
SI	25,210145 a2
SC1 - 1,6 pF	25,975362 a2

Na Figura 1 é apresentado K_a em função da umidade do solo dentro do desdobramento do fator sonda. Todos os modelos ajustados são significativos no nível de probabilidade $p < 0,05$. Os valores de coeficiente de determinação dos modelos ajustados para SC1, SC2, SI e SSC foram de 0,9764; 0,9689; 0,8479 e 0,9727 respectivamente, apresentando elevados valores, garantindo uma adequada qualidade dos modelos.

Na Figura 1 conta-se que o modelo ajustado para SSC é a mais afastada em relação aos demais modelos, corroborando o teste de média empregada no fator principal. Os modelos ajustados para as sondas SC1 e SC2 são semelhantes como pode ser comprovado pelos valores dos respectivos coeficientes dos modelos, sendo que as divergências são mais pronunciadas em condição de baixa umidade do solo. Para o intervalo de umidade do solo entre 0,35 e 0,40 kg kg^{-1} os modelos ajustados para SC1, SC2 e SI se convergem para uma mesma tendência. Portanto, erros inerentes as especificidades das sondas são mais expressivas em condição de baixa umidade do solo.

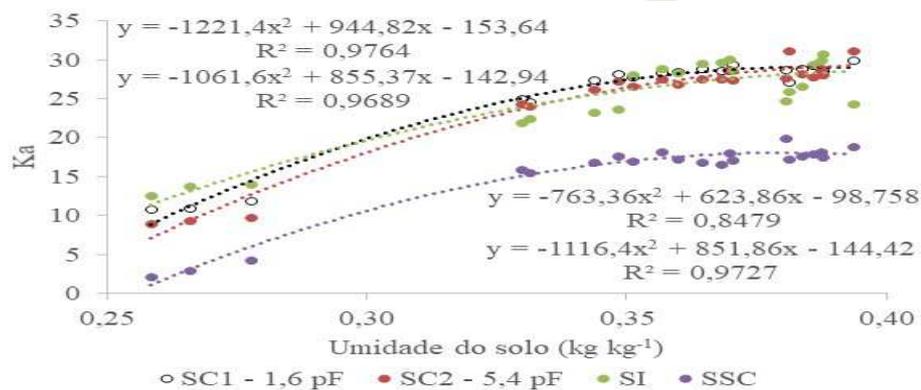


Figura 1. K_a em função da umidade do solo das diversas sondas.

Conclusões.

Sondas sem capacitor fornecem leituras de K_a inferiores as sondas com capacitor.

Capacitores de 5,4 ou 1,6 pF podem ser utilizados na fabricação das sondas de TDR.

Agradecimentos

Ao Cnpq, a Uem ao professor orientador, ao Takashi e a toda população Paranaense.

Referências

ANNANDALE, J.G.; JOVANOVIC, N.Z.; CAMPBELL, G.S.; DU SAUTOY, N.; BENADE, N. A two-dimensional water balance model for micro-irrigated hedgerow tree crops. **Irrig Sci** 22, 157-170, 2003.

COELHO, E. F.; ANDRADE, C. L. T.; OR, D.; LOPES, L. C.; SOUZA, C. F. Desempenho de diferentes guias de ondas para uso com o analisador de umidade TRASE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.81-87. 2001.

COELHO, E.F.; CALDAS, R.C.; SANTOS, D.B. & LEDO, C.A.S. Número e espaçamento entre hastes de guias de onda para medida de umidade do solo com TDR. **R. Bras. Eng. Agric. Amb.**, 7:215-220, 2003.