

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE E DA SALINIDADE DO SOLO PELA TÉCNICA CALIBRAÇÃO DE TDR (Reflectometria com Domínio do Tempo) EM CONDIÇÕES DE SALINIDADE

V. B. FIGUEIREDO¹, J. F. MEDEIROS², F. A. OLIVEIRA³, C. J. G. S. LIMA⁴, D. C. GALVÃO⁵, M. K. T. OLIVEIRA⁴, A. B. ALMEIDA JÚNIOR⁴

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo determinar as curvas de calibração da TDR para estimar umidade e condutividade elétrica do solo sob diferentes condições de umidade e salinidade do solo. O trabalho foi conduzido no laboratório de irrigação e drenagem do Departamento de Ciências Ambientais da UFERSA. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 4, com três repetições, onde o primeiro fator constou diferentes níveis de salinidade (0,5; 3,4; 8,8; 13,6 e 16,3 dS m⁻¹) e segundo de diferentes umidades do solo (5, 10, 15 e 20%). A técnica TDR superestimou os valores da umidade do solo, mas mostrou-se eficiente para determinação da salinidade do solo.

Palavras-chaves: Umidade do solo, Constante dielétrica, irrigação.

DETERMINATION OF THE HUMIDITY AND OF THE SALINITY OF THE SOIL FOR THE TECHNICAL CALIBRATION OF TDR (Reflectometria with Domain of the time) IN SALINITY CONDITIONS

SUMMARY: This work had as objective determines the curves of calibration of TDR to esteem humidity and electric conductivity of the soil under different humidity conditions and salinity of the soil. The work was driven in the irrigation laboratory and drainage of the Department of Environmental Sciences of UFERSA. The used statistical randomized was it entirely casualizado, in factorial outline 5 x 4, with three repetitions, where the first factor consisted different salinity levels (0,5; 3,4; 8,8; 13,6 and 16,3 dS m⁻¹) and second of different

¹ FCA/UNESP-Aluno de Doutorado, Botucatu-SP

² Bolsista Pesquisa CNPq, Engº Agro, Dr.Sc, Departamento de Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró – RN, e-mail: jfmedeir@ufersa.edu.br, tel: (84) 3315 1740

³ Engº Agro, Pós-Graduando, Bolsista CAPES, UFERSA, Mossoró – RN. e-mail: thikaoamigao@bol.com.br. tel: (84) 3315 1740

⁴ Bolsista PIBIC/UFERSA, Graduando (a) Agronomia, UFERSA, Mossoró – RN, e-mail: kj.gon@bol.com.br

⁵ Graduando Agronomia, UFERSA, Mossoró – RN, e-mail: dcgalvao@bol.com.br

humidities of the soil (5, 10, 15 and 20%). The technique TDR overestimated the values of the humidity of the soil, but it was shown efficient for determination of the salinity of the soil

KEYWORDS: Humidity of the soil, Constant dielectric, irrigation

INTRODUÇÃO

A escassez de chuvas no semi-árido nordestino faz da prática da irrigação uma das alternativas fundamentais para garantir a produção das áreas cultivadas; no entanto, quando não se tem um manejo adequado da irrigação, pode ocorrer a salinização do solo, tornando-o improdutivo em curto espaço de tempo (OLIVEIRA, 1997). Este problema ocorre em quase todos os perímetros irrigados do Nordeste; estima-se que cerca de 25 a 30% das áreas dos perímetros irrigados do DNOCS estejam salinizados (DNOCS, 1991). A principal fonte de água para irrigação na Chapada do Apodi é subterrânea, com captação no arenito Açú, em poços com cerca de 1000 m de profundidade, e captação no calcário Jandaíra, em profundidades em torno de 100 m; atualmente, o tipo de poço mais utilizado é o que explora o aquífero calcário, no entanto essas águas apresentam elevadas concentrações de sais, relativamente elevadas às vezes superando 2000 mg L^{-1} , aproximadamente $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (MEDEIROS, 1992; OLIVEIRA & MAIA 1998).

Uma irrigação eficiente requer um programa de administração sistemática de água (LEY, 1994). Um fator importante para uma boa utilização da água, vem sendo a rotina de monitoramento da umidade. Atualmente, os equipamentos de determinação da umidade do solo baseados no princípio do TDR estão bastante difundidos no meio científico, pois são exatos e portáteis, podem fazer as leituras automaticamente em condições de laboratório ou de campo, em qualquer direção no perfil do solo e no tempo real, além de não serem radiativos e não destruírem o solo amostrado (GOMIDE, 1998).

As vantagens inerentes da técnica da TDR, como a precisão, o fato de ser um método não destrutivo, a não-utilização de radiação ionizante e a possibilidade de automação e de acoplamento a dispositivos multiplicadores de leituras são justificativas fortes para a adoção cada vez maior da técnica em substituição a outros métodos (TOPP et al., 1980; COELHO & OR, 1996). O TDR tem mostrado possibilidades atrativas para medidas in situ da umidade. Além disso, o uso do TDR vem sendo proposto recentemente para medidas simultâneas da umidade e condutividade elétrica do solo. No entanto a constante dielétrica do meio é sensível a mudanças de temperatura, a textura, a densidade do solo e o teor de sais solúveis da solução

do solo (TOPP et al., 1980). para Herkelrath et al. (1991), a constante dielétrica do solo, está relacionada com o conteúdo de matéria orgânica. De acordo com Scott et al. (1983), em condições com alto índice de sal, pode ocorrer um “curto-circuito” na sonda, tornando difícil à identificação do ponto de inflexão final. Desta forma o equipamento necessita ser calibrado para diferentes condições, assim este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de obter curvas de calibração para a determinação da umidade e da condutividade elétrica do solo para condições salinas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no laboratório de Irrigação e Drenagem do Departamento de Ciências Ambientais, UFERSA. O solo utilizado foi coletado da Fazenda Experimental Rafael Fernandes localizada em Alagoinha pertencente a UFERSA, Mossoró- RN, classificado como um Argissolo Vermelho-Amarelo conforme Embrapa (1997), onde foram encontradas as seguintes características físicas: densidade do solo de $1,53 \text{ g cm}^{-3}$, densidade de partículas de $2,64 \text{ g cm}^{-3}$, areia total de 82 %, silte 4% e argila 14%. Este solo apresentou uma umidade base peso de $0,227 \text{ g g}^{-1}$ e $0,049 \text{ g g}^{-1}$, referentes ao potencial de $-9,804 \text{ kPa}$ e $98,04 \text{ kPa}$, respectivamente.

O solo amostrado foi seco ao ar, destorroado, passado em peneira de 2 milímetros e colocados em tubos de PVC com 15 cm de diâmetro (medida externa) e 40 cm de altura, sendo compactados até alcançar a densidade de $1,53 \text{ g cm}^{-3}$. As colunas de solo depois de preparadas foram então adicionados volumes de águas para obtenção de 5, 10, 15, 20% de umidade volumétrica e a total saturação; essas águas foram preparadas em cinco níveis de condutividade elétrica iguais: 0,5; 3,4; 8,8; 13,6 e $16,3 \text{ dS m}^{-1}$. Após uma noite da aplicação das soluções, foram conectadas, as guias de TDR e realizadas as medidas simultâneas de condutividade elétrica aparente (CETDR) e umidade volumétrica do solo. Para tanto foi utilizada sonda do TDR100 da Campbell Scientific com três hastes de 30 cm, ao qual se mediu a constante dielétrica aparente (K_a) convertendo em umidade do solo em base volume através da utilizando a equação de Topp et al.(1980); as umidades encontradas através desta equação foram ajustados com medidas de umidade volumétrica encontradas para cada tubo.

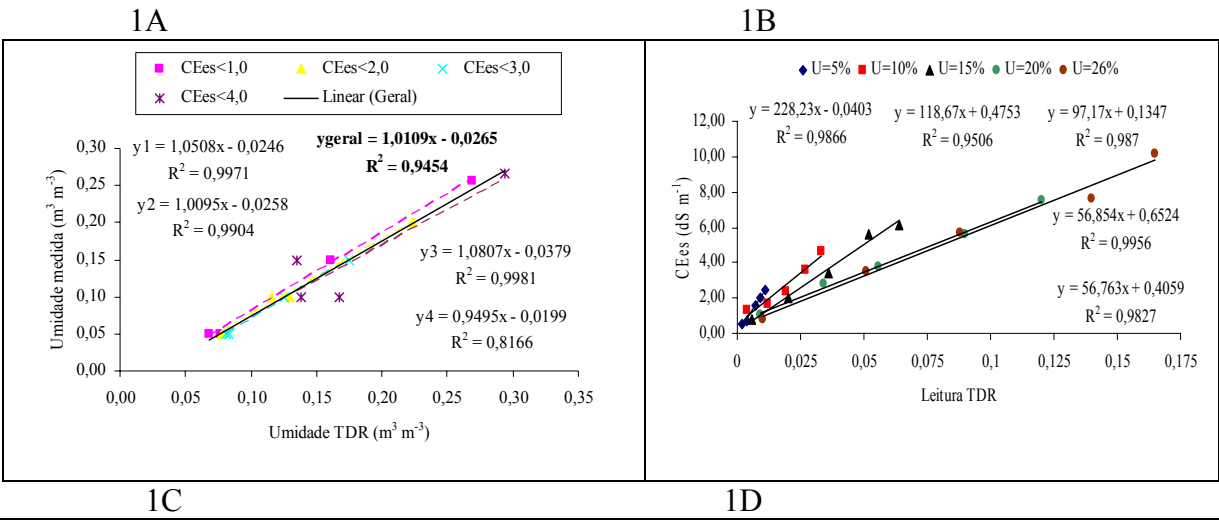
A salinidade foi medida diretamente no TDR, encontrando-se a CETDR do equipamento. Após essas medidas, foi retirado cerca de 200g de solo de cada tubo e realizada a determinação da condutividade elétrica da solução extraída da pasta de saturação (CE_{es}) em dS m^{-1} a 25°C , pelo método de Richards (1954). Os dados de CETDR, umidade volumétrica

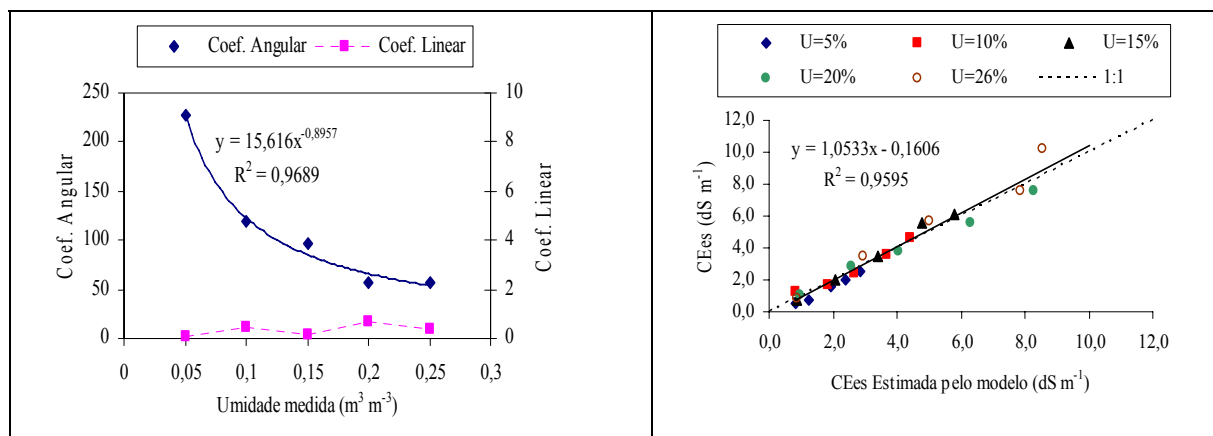
ajustadas (θ) e (CE_{es}) foram então analisados por meio de regressão e os ajustes de modelos escolhidos feitos com base na significância dos coeficientes de regressão, adotando-se o nível de 5% de probabilidade e nos coeficientes de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se uma relação linear entre as umidades volumétricas impostas e os valores lidos pelo aparelho (Figura 1), onde para todos os níveis salinos (extrato de saturação) os coeficientes de correlação foram satisfatórios (R^2), variando entre 0,8166 e 0,9971. pode-se observar uma discrepância entre os valores, ocorrendo superestimação pelo TDR, independente da salinidade. Ainda com relação às umidades (impostas e lidas pelo TDR), a medida que a umidade volumétrica imposta aumentava a discrepância foi reduzida.

Figura 1. Relação entre umidade imposta e lida (1A), condutividade elétrica estimada obtida pelo extrato de saturação e pela sonda (1B), coeficiente angular da equação do ajuste (1C) e relação entre os valores de CE_{es} e CETDR estimados pelos modelos, nas diferentes umidades do solo.





A relação encontrada entre a CEes e a CETDR's nas umidades volumétricas do solo utilizadas estão dispostas na figura 1. Verificou-se um coeficiente de correlação satisfatório entre as leituras de condutividade elétrica obtidas com as duas técnicas em questão (CETDR's versus CEes), com R^2 variando entre 0,982 e 0,9956. Esses resultados comprovam existir uma associação linear entre as técnicas e indicam variação direta no valor de CEes para uma unidade de CETDR's, comprovando-se que suas características apresentam relação funcional na estimativa da condutividade elétrica do solo. Dessa forma, a técnica da TDR pode substituir a técnica da pasta saturada, promovendo agilidade na estimativa, uma vez que o tempo envolvido na estimativa da condutividade elétrica do solo mediante a TDR é extremamente inferior à mesma determinação realizada pelo método-padrão, propiciando contribuições rápidas e precisas de forma que as informações possam ser usadas para auxiliar nas melhores decisões possíveis, dentro das condições de incerteza. Souza et al. (2006) verificou que os valores de condutividade elétrica estimados pela TDR mostraram-se superiores aos valores medidos no extrato de saturação em 7%, o que caracteriza pequena superestimativa pelo método analisado em relação ao padrão. Constata-se ainda que a condutividade do extrato de saturação mostra-se inversamente proporcional a umidade, visto que quanto menor o volume de solução, maior a concentração de sais na mesma.

Verificou-se efeito significativo apenas para o coeficiente angular (Figura 1C), assim a equação que melhor representa a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) é do tipo potencial, apresentando coeficiente de correlação (R^2) de 0,9689, não havendo efeito isolado para a umidade nem para a leitura do TDR, logo a CEes pode ser estimada pela equação que tem como variáveis: umidade volumétrica do solo e a leitura obtida pela TDR, ($\text{CEes} = 15,616 \cdot 0,896 \cdot \text{LeitTDR} + 0,35$).

Pode-se observar na figura 1D, a relação entre a salinidade estimada pela equação obtida a partir da regressão múltipla e a real nos diferentes teores de água da mostra do solo.

Verifica-se semelhança entre os perfis, o que permite inferir boa estimativa da condutividade elétrica pela TDR em relação às medidas realizadas no extrato de saturação a cada ponto verificado.

CONCLUSÕES

A técnica TDR superestimou os valores da umidade do solo, mas mostrou-se eficiente para determinação da salinidade do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COELHO, E.F.; OR, D. A parametric model for two-dimensional water uptake by corn roots under drip irrigation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.60, n. 4, p.1039-1049.1996.
- DNOCS - Departamento de Obras Contra as Secas. Situação das áreas em 30/04/1991. Fortaleza: Grupos de Coordenação Executiva das Operações Agrícolas (GOA), 1991. sp
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de Métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro. 1997. 212p.
- GOMIDE, R.L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas, MG, **Anais ...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998, p. 133-238
- LEY, T.W. An in-depth look at soil water monitoring and measurement tools. **Irrigation Journal**. v.3, n.44, p. 8-20, 1994.
- HERKELRATH, W. N.; HAMBURG, S. P.; MURPHY, F. Automatic, real-time monitoring of soil moisture in a remote field area with time domain reflectometry. **Water Resources Research**, v. 27, n. 5, p. 875-864, 1991.
- MEDEIROS, J.F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB, 1992. 173. Dissertação Mestrado.
- OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de (eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap.1, p.1-35.
- OLIVEIRA, M.; MAIA, C.E. Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. Revista **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.1, p.42-46, 1998.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160p. Agriculture Handbook, 60.
- SOUZA, C. F.; FOLEGATTI, M. V.; MATSURA, E. E.; OR, D. Calibração da reflectometria no domínio do tempo (TDR) para a estimativa da concentração da solução no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p. 282-291, 2006.
- TOPP, G.C.; DAVIS, J.L.; ANNAN, A.P. Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. **Water resources Research**, Washington, v.16, n.3, p.574-82, 1980.

