

CURVAS DE CALIBRAÇÃO DE UM SENSOR TDR (Reflectometria com Domínio do Tempo) SOB CONDIÇÕES DE SALINIDADE¹

D. C. GALVÃO², J. F. MEDEIROS³, F. A. OLIVEIRA⁴, C. J. G. S. LIMA⁵, M. K. T. OLIVEIRA⁵, A. B. ALMEIDA JÚNIOR⁵

RESUMO: O conhecimento do teor de água no solo é de fundamental importância para se manejar uma irrigação de forma eficiente. Este trabalho teve como objetivo determinar as curvas de calibração da TDR sob diferentes salinidades, através da relação típica da umidade do solo com a constante dielétrica em condições de laboratório. 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 6, com três repetições, onde o primeiro fator constou diferentes níveis de salinidade (0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 dS m⁻¹) e segundo de diferentes umidades do solo (4; 8; 12; 16; 20 e 24%). Foram utilizadas amostras de um latossolo franco arenoso. Verificou-se efeito linear entre o teor de água imposto e a leitura obtida pela TDR. Com o incremento da salinidade a TDR superestima os valores da umidade do solo.

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

CURVES OF CALIBRATION OF A SENSOR TDR (Reflectometria with Domain of the Time) UNDER CONDITIONS OF SALINITY

SUMMARY: The knowledge of the tenor of water in the soil and of fundamental importance to handle an irrigation in an efficient way. This work had as objective determines the curves of calibration of TDR under different salinities, through the typical relationship of the humidity of the soil with the constant dielectric in laboratory conditions. The work was driven in the irrigation laboratory and drainage of the Department of Environmental Sciences of

¹ Parte da monografia do primeiro autor apresentada ao programa de graduação em Engenharia agrônoma da UFERSA

² Graduando Agronomia, UFERSA, Mossoró – RN, e-mail: dcalvao@bol.com.br

³ Bolsista Pesquisa CNPq, Engº Agro, Dr.Sc, Departamento de Ciências Ambientais, UFERSA, Mossoró – RN, e-mail: jfmedeir@ufersaedu.br, tel: (84) 3315 1740

⁴ Engº Agro, Pós-Graduando, Bolsista CAPES, UFERSA, Mossoró – RN. e-mail: thikaoamigao@bol.com.br. tel: (84) 3315 1740

⁵ Bolsista PIBIC/UFERSA, Graduando (a) Agronomia, UFERSA, Mossoró – RN, e-mail: kj.gon@bol.com.br

UFERSA. The used statistical randomized was it entirely casualizado, in factorial outline 5 x 6, with three repetitions, where the first factor consisted different salinity levels (0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 dS m⁻¹) and second of different humidities of the soil (4; 8; 12; 16; 20 e 24%). Samples of a sandy frank latossolo were used. Lineal effect was verified among the tenor of water imposed and the reading obtained by TDR. With the increment of the salinity TDR overestimates the values of the humidity of the soil.

KEYWORDS: Humidity of the soil, Constant dielectric, irrigation

INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é hoje a grande responsável pelo incremento da produção de alimento no mundo, entretanto é o maior consumidor de água potável, cerca de 70% do volume de água consumido pela humanidade. Assim, a otimização do uso de água nesse sistema de produção agrícola é de fundamental importância na preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente.

A necessidade do uso racional dos recursos hídricos, aliados ao avanço da eletrônica, tem contribuído para a intensificação dos estudos sobre o monitoramento da água no solo. O conhecimento desse conteúdo é importante na dinâmica de solutos, calor, gases e da própria água no solo. Em escala global, sua importância esta relacionada com o importante sistema solo-água-plantas-atmosfera. A técnica da reflectometria de microondas, aqui denominada TDR (Time Domain Reflectometry), foi introduzida recentemente no Brasil. Um dos primeiros estudos brasileiros nesta área, especificamente para a medida de conteúdo de água do solo, é o de Herrmann Júnior (1993) e o de Tommaselli e Bacchi (1995).

A principal fonte de água para irrigação na Chapada do Apodi é subterrânea, com captação no arenito Açu, 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 dS m⁻¹ (MEDEIROS, 1992; OLIVEIRA & MAIA 1998).

O uso do TDR constitui uma nova e importante ferramenta para medidas da umidade do solo. O TDR tem sido usado como um método para medida da constante dielétrica e condutividade elétrica do solo pela determinação do tempo de trânsito e dissipação, respectivamente, de um pulso eletromagnético lançado ao longo de sondas metálicas paralelas

inseridas no solo. Análises teóricas e correlações experimentais mostram que o tempo do pulso é proporcional à constante dielétrica aparente e que a dissipação do sinal é proporcional à condutividade elétrica do solo. Esses dois parâmetros físicos fundamentais estão diretamente correlacionados com a umidade e salinidade da água dos poros (DALTON, 1993). Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo determinar as curvas de calibração da TDR sob diferentes salinidades, através da relação típica da umidade do solo com a constante dielétrica em condições de laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Irrigação e Drenagem do Departamento de Ciências Ambiental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), com o objetivo de obter curvas de calibração para sondas TDR (Reflectometria de Domínio do Tempo). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 6, com três repetições. O primeiro fator constou de diferentes níveis de salinidade (0,0, 2,5, 5, 7,5, 10,0 dS m⁻¹) e o segundo de diferentes teores de umidade do solo (4, 8, 12, 16, 20, 24%), em base de peso.

Foram utilizadas amostras da camada de 0 – 20 cm de um solo com textura franca arenosa, classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico argissólico. As amostras foram previamente secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2,0 mm, acondicionadas em colunas de PVC e umedecidas com diferentes volumes de água e diferentes níveis de salinidade. As colunas de PVC mediam 100 mm de diâmetro e 350 mm de altura, que receberam 2,80 dm³ de solo, acondicionados de modo a atingir a densidade característica do mesmo. Cada umidade avaliada (p/p) foi obtida pela adição de água na amostra do solo, de acordo com a umidade desejada, com o auxílio de uma balança eletrônica de precisão (0,01 g).

Os diferentes níveis de salinidade (0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 dS m⁻¹) avaliados foram obtidos pela dissolução de NaCl. As leituras foram feitas inicialmente para umidade de 0,04 (p/p), a sonda foi introduzida nas colunas de PVC, sendo efetuadas 6 (seis) leituras em cada coluna distribuídas em duas posições, o mesmo procedimento foi repetido para as demais umidades (0,08; 0,12; 0,16; 0,20 e 0,24 (p/p))

Foi utilizado um analisador de umidade: sondas com duas hastes paralelas de 30 cm de comprimento acopladas ao TDR MP-917 da E. S. I. Environmental Sensors Inc. Realizou-se

análise de variância e análise de regressão, onde se comparou a relação entre as umidades medida pelo instrumento e a medida real de umidade para os diferentes níveis de salinidade do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se uma interação entre os níveis salinos e o teor de água das amostras (Figura 1), onde se verifica uma equivalência até aproximadamente $8 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, a partir deste, observa-se que as leituras obtidas pelo TDR mantiveram o mesmo comportamento, ocorrendo uma maior dispersão à medida que se aumentou a umidade. Com relação à salinidade, observa-se que a partir da referida umidade (TDR) a umidade volumétrica tende a diminuir com o incremento do nível salino. Evidenciaram-se ainda nos níveis de 7,5 e 10,0 dS m^{-1} de salinidade que a partir de aproximadamente 30 e 20 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ respectivamente, não foi possível para o TDR efetuar leitura, provavelmente essas condições com alto índice de sal, pode ter provocado um “curto-circuito” na sonda, tornando difícil a identificação do ponto de inflexão final (SCOTT et al.,1983). As leituras da umidade obtidas pela TDR foram muito sensíveis a salinidade

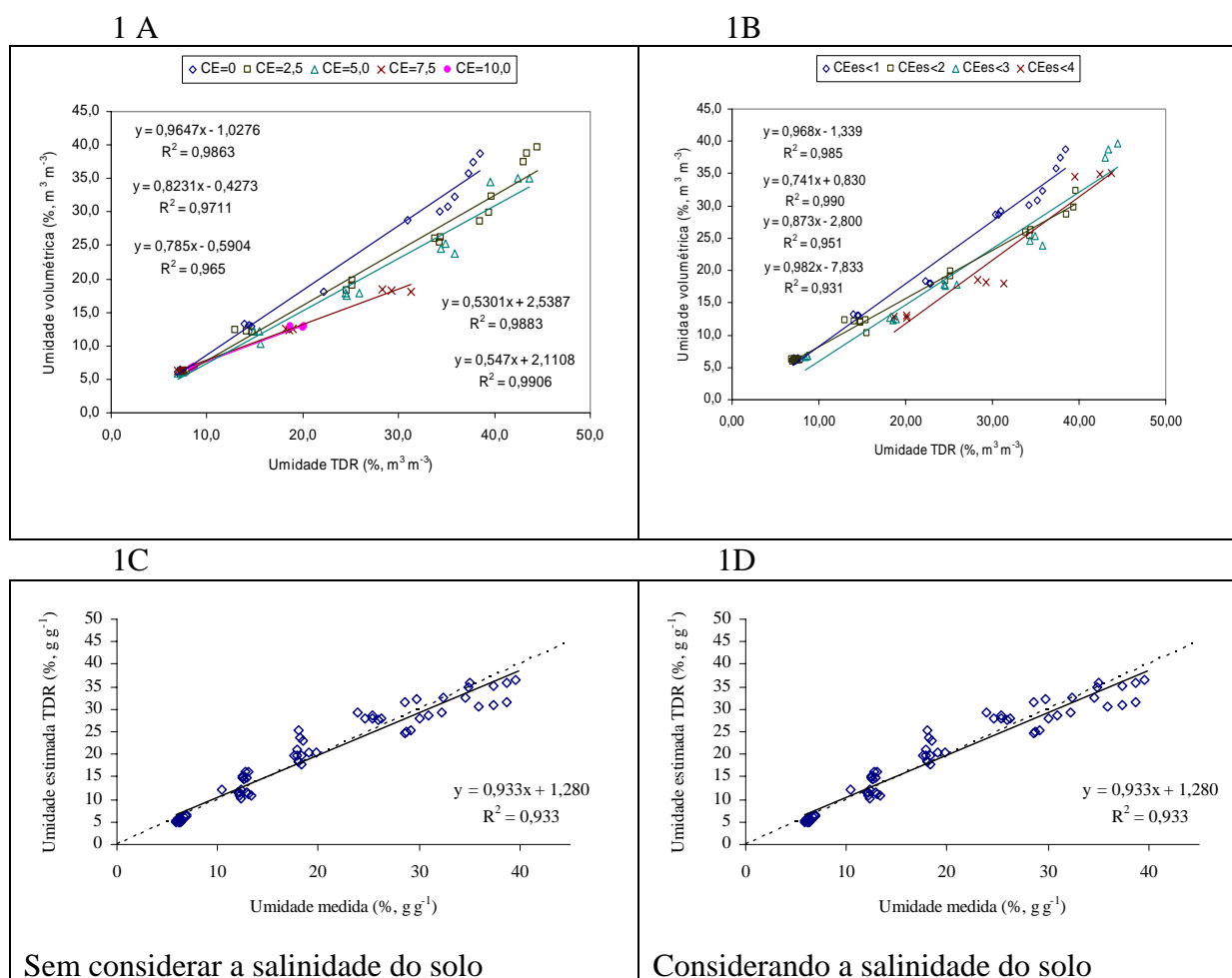
Esse comportamento para salinidade elevada esta de acordo com Topp et al. (1980), quando mostraram que a constante dielétrica do meio em estudo é sensível ao teor de sais solúveis, no entanto, Topp & Davis (1985) enfatizam que o tipo de solo e/ou sais solúveis não afetam os valores da umidade determinados com TDR.

Analizando a interferência da salinidade do extrato de saturação na leitura do sensor, pode-se verificar uma linearidade entre os mesmos, com um coeficiente de correlação satisfatório, com R^2 variando de 0,931 a 0,985, sendo o valor da leitura reduzido com o incremento da salinidade do extrato de saturação, entre a umidade do solo medida e a leitura obtida pelo TDR. Observa-se interação entre a umidade lida e os níveis de salinidade, verifica-se também que independente do nível salino, para todas as umidades no intervalo considerado ocorre uma superestimação pela TDR. Também se constatou que há necessidade de utilizar curvas de calibração diferente dependendo da salinidade do solo, que no Máximo foi de 4,0 dS m^{-1} para conseguir leituras aceitáveis da TDR.

As leituras do teor de umidade da sonda TDR foram influenciadas consideravelmente pela salinidade do solo, confirmando os resultados obtidos por Topp et al. (1980). As leituras de umidade obtidas pela TDR, as equações de melhor ajuste foram: $U = 0,842\text{TDR} - 0,866$

($R^2 = 0,945$) para condições não salinas e $U = 0,881TDR - 1,88CEs + 1,43$ ($R^2 = 0,964$) em condições salinas. Com relação à umidade estimada pela sonda TDR e a volumétrica, verifica-se na figura 1, que se considerando o solo em condições não salina, a sonda apresentou resultados de grande aceitabilidade, com coeficiente de correlação (R^2) de 0,933. No tocante a esta sonda sob condições de salinidade, a resposta apresentada foi semelhante à condição anterior, entretanto com melhor correlação ($R^2 = 0,964$). Em ambos os casos observam-se uma dispersão com a umidade do solo a partir de 20 $g\ g^{-1}$, quando se percebe uma tendência dos valores obtidos se afastarem da relação 1:1.

Figura 1. Relação entre a umidade do solo medida pela TDR nos diferentes níveis de salinidade do solo (1A), a salinidade do extrato de saturação (1B), sem considerar a salinidade do solo (1C) e considerando a salinidade do solo (1D).



CONCLUSÕES

Verificou-se efeito linear entre o teor de água imposto e a leitura obtida pela TDR. Com o incremento da salinidade a TDR superestima os valores da umidade do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DALTON, F. N. Development of time-domain reflectometry for measuring soil water content and bulk soil electrical conductivity, **Soil Science Society of America**, Special Publication n 30, (Advances in measurement of soil physical properties: bringing theory into practice); 1993.

HERRMANN JÚNIOR, P. S. P. **Construção de um equipamento para medida de umidade do solo através de técnica de microondas**. São Carlos : USP, 1993. 124 p. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 1993.

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.

MOISTURE point. Canadá: E. S. I. Environmental Sensors inc., [s. d].

SCOTT, M.G.; PHANG, W.A.; PATTERSON, D.E. **Developments in situ monitoring of moisture in pavement structures by time domain reflectometry (TDR)**. Ontario: The Transportation Technology and Energy Branch, 1983, 85 p.

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.

TOMMASELLI, J. T. G.; BACCHI, O. O. S. Calibração de um equipamento de reflectometria de microondas para dois solos paulistas típicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa : UFV, 1995. v. 1, p. 24-26.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; Measurements of soil water content using time domain reflectometry (TDR): a field evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, n.49, p.19-24, 1985.

TOPP, G.C.; DAVIS, J.L.; ANNAN, A.P. Eletromagnetic determination of soil water content: Measurement in coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, v.16, p.574-582, 1980. Washington, v.26, n.10, p.2267-2273, 1990.