

ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM SOLOS

Maria Hermínia Ferreira Tavares¹; José Jeremias da Silva Feliciano¹; Carlos Manoel Pedro Vaz²

¹*Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, mhstavar@certto.com.br*

²*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP.*

1 RESUMO

O tradicional método de obtenção da curva de retenção de água no solo através da Câmara de Pressão de Richards é trabalhoso e demorado. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o emprego de dois diferentes equipamentos TDR, conjugados a tensiômetros, para obter os valores de umidade volumétrica e respectivos valores de tensão, comparando-os aos resultados fornecidos pelo método tradicional. Para as medidas através dos equipamentos TDR, o solo, classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), foi seco ao ar e passado através de uma peneira 2 mm. Os dados de curva de retenção foram ajustados utilizando-se o programa Origin 6.0 Professional através do modelo sugerido por Van Genuchten. A análise dos dados obtidos, realizada através do índice de desempenho c, mostrou que os 2 equipamentos TDR apresentaram performances similares.

UNITERMOS: Câmara de Richards, técnica TDR, tensiometria.

TAVARES, M. H. F.; FELICIANO, J. J. S.; VAZ, C. M. P. COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS TO DETERMINE THE SOIL WATER RETENTION CURVE

2 ABSTRACT

The traditional method to obtain the soil water retention curve using Richard's pressure plate apparatus is laborious and time consuming. Thus, the objective of this work was to evaluate the use of two different TDR equipments, coupled to tensiometers, to obtain soil volumetric water content and respective tension values compared to those from traditional methods. For TDR measurements, a Rhodic Hapludox soil was air-dried and passed through a 2 mm mesh sieve. Data of water retention curve were adjusted using the Origin 6.0 Professional software and the Van Genuchten model. The analysis of data based on the performance index revealed that the two TDR equipments had similar performances.

KEY WORDS: Richard's pressure plate apparatus, TDR technique, tensiometry.

3 INTRODUÇÃO

A curva de retenção da água no solo, fundamental para os estudos que envolvem interações solo-planta, tem como método clássico de determinação o uso da Câmara de Pressão de Richards (Klute, 1986). Este método apresenta algumas dificuldades: a determinação do ponto de equilíbrio entre pressão aplicada e a água retida no solo, contato amostra-placa, o longo tempo exigido para as medidas e o custo do equipamento.

Entretanto, para a obtenção de uma curva em toda a faixa de umidade que vai da saturação até a do ponto de murcha permanente, mais de um método deve ser empregado (Or & Wraith, 1997). Vários métodos estão disponíveis para a determinação da curva de retenção nas diferentes faixas de tensão, como: Funil de Buchner e Mesa de Tensão, Extrator de Pressão ou Câmara de Richards, Células Temp, Psicômetro Termopar, Método Equilíbrio com Solução Salina, entre outros. Devido aos custos dos diversos equipamentos necessários, foram desenvolvidos métodos alternativos para levantamento da curva de retenção de água em solos, na faixa entre 1,0 kPa a 1500 kPa (Freitas Junior et al. (1984); Medeiros (1987); Feliciano (2005)).

A maioria dos equipamentos para medidas de retenção atua na faixa de desorção das amostras de solo: um solo saturado em equilíbrio com a água, sob pressão atmosférica, quando submetido à pequena força de sucção, terá parte de sua água retirada. O ar penetrará no solo, havendo formação das três fases: sólida, líquida e gasosa. Aumentando-se a sucção, poros menores perderão água, dando entrada a mais ar: sendo aplicados aumentos gradativos, o fenômeno se repetirá, com diminuição da espessura da película de água envolvente das partículas de solo. Esta água estará “presa” mais fortemente, exigindo cada vez maiores sucções para retirá-la.

A alteração da estrutura afeta a capilaridade e a distribuição de tamanho dos poros do solo (Or & Wraith, 1997): a estrutura desempenha um papel importante na capacidade de retenção de água, atuando principalmente na retenção a baixa tensão, devido à presença de macroporos ou poros entre os agregados. Para baixos valores de tensão, de zero a um bar, a dependência maior da curva de retenção de água ocorre em relação à capilaridade e à distribuição dos tamanhos dos poros, ou seja, depende fortemente da estrutura do solo. Para valores maiores, a dependência maior ocorre em relação à adsorção, ou seja, depende mais da textura e da superfície específica do que da estrutura (Jury et al., 1991). Devem-se empregar curvas diferentes para condições em que ocorrem secamento ou umedecimento do solo, como é o caso de evaporação da água do solo e infiltração, respectivamente.

No levantamento de pontos de curvas de retenção através de tensiometria, a determinação rápida e precisa dos valores de umidade do solo é necessária. Para tal, têm sido empregados equipamentos que realizam medidas através da técnica da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR). Fundamentada nas propriedades de ondas eletromagnéticas de alta frequência que se propagam através de meios porosos, a TDR tem sido foco de grande número de pesquisas desde a década de 70 devido à sua capacidade de determinar valores de umidade e de condutividade elétrica sobre uma única região do solo, de forma rápida e não-destrutiva (Robinson et al., 2003).

O objetivo deste trabalho foi comparar determinações da curva de retenção da água, utilizando uma Câmara de Pressão de Richards, um equipamento TDR Tektronix 1502C e um equipamento TDR Trase System, em amostras de um solo com alto teor de argila.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Solos da Embrapa Instrumentação Agropecuária, localizada em São Carlos, Estado de São Paulo, com amostras de solo coletadas no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola (NEEA), pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, com coordenadas geográficas 24° 54' 148'' latitude sul, 53° 31' 57'' longitude oeste de Greenwich, altitude de 750 m. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico e os resultados de sua análise granulométrica são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise granulométrica do solo estudado.

Local	Silte (%)	Areia (%)	Argila (%)
NEEA	27,90	3,04	69,06

Procedeu-se ao preparo das amostras, as quais, depois de secas ao ar e peneiradas em peneira 2,0 mm, foram acondicionadas em dois recipientes de plástico de 20,0 cm de comprimento, 20,0 cm de largura e 20,0 cm de altura, com perfurações na base para permitir a drenagem da amostra e a adição de água para molhamento de baixo para cima, por capilaridade. Duas sondas com duas hastes metálicas de 12,0 cm de comprimento e 0,2 cm de diâmetro e um tensiômetro foram instalados em cada recipiente para levantamento dos dados com o equipamento TDR Tektronix 1502C, enquanto que os dados com o equipamento TDR Trase System foram obtidos através da sonda original do equipamento, cujas hastes têm comprimento de 15,0 cm e diâmetro 0,5 cm. As amostras foram saturadas por 72 horas e, posteriormente foram realizadas as medidas com os equipamentos nelas instalados durante todo o período de secamento por evaporação. Com os tensiômetros, foram obtidos os valores da tensão da água, utilizando-se um programa de aquisição de dados, enquanto que, através dos equipamentos TDR com as respectivas sondas originais, foram determinados os valores de umidade das amostras. Para a leitura dos valores de umidade obtidos através do equipamento Tektronix, foi utilizado o programa computacional WIN TDR 6.0 (Or et al., 2003). No caso do equipamento Trase, não houve necessidade do emprego de um programa específico, pois o equipamento fornece os dados de umidade diretamente, através da equação de Topp (Topp et al., 1980).

Para o ajuste das curvas de retenção de água, empregou-se o programa computacional Origin 6.1 Professional, na equação (1), conforme Van Genuchten (1980):

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left[\frac{1}{1 + (\alpha \Psi)^n} \right]^m \quad (1)$$

Na equação (1), θ (m^3/m^3) é o valor da umidade volumétrica para certo potencial matricial ψ (kPa), θ_r (m^3/m^3) é o valor da umidade residual, θ_s (m^3/m^3) é o valor da umidade do solo na saturação. α , n e m são parâmetros empíricos, adimensionais, os quais dependem da forma da curva de retenção. Uma simplificação muito empregada consiste em se fazer $m = 1 - 1/n$.

Para quantificar as diferenças entre os valores obtidos, foi empregado o indicador estatístico proposto por Camargo & Sentelhas (1997), c , denominado de índice de desempenho, calculado conforme a equação:

$$c = r d \quad (2)$$

Na equação (2), r é o coeficiente de correlação e d é o coeficiente de concordância. Enquanto o coeficiente de correlação r indica a precisão do modelo, o coeficiente de concordância d (Willmott et al., 1985) avalia a respectiva exatidão. O índice de desempenho, c , mostra a performance de um modelo ou de um método em relação a valores padrões. Para a comparação, foram utilizados os valores de umidade obtidos a partir dos 2 equipamentos TDR, tomando-se como padrão o método da Câmara de Richards.

Os critérios empregados para a avaliação do desempenho dos métodos são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Critérios para análise de desempenho de um modelo através do índice c .

Valor do índice de desempenho c	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Ruim
0,41 a 0,50	Mau
<0,40	Péssimo

Fonte: Camargo & Sentelhas, 1997.

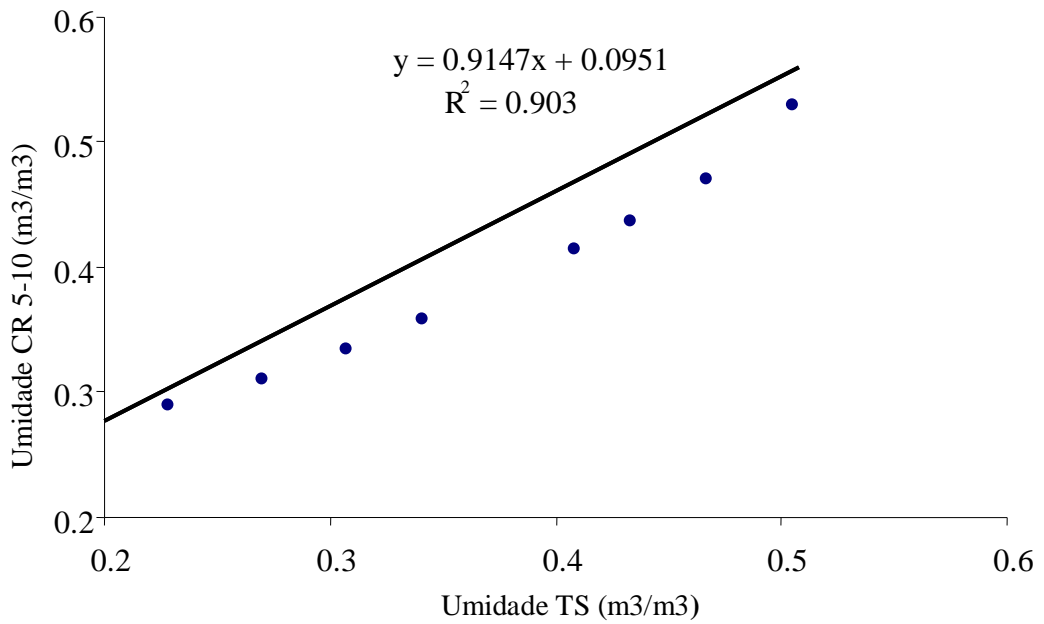
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de umidade do solo e respectivos potenciais, obtidos através do método da Câmara de Richards, para as camadas de 0-5 cm e de 5-10 cm, com amostras deformadas, foram determinados no Laboratório do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP e encontram-se dispostos na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de umidade do solo e potencial matricial para as camadas de 0-5 cm e de 5-10 cm no método da Câmara de Richards.

Camada de 0 a 5 cm de profundidade		Camada de 5 a 10 cm de profundidade	
Potencial Matricial (kPa)	Umidade do solo (m^3/m^3)	Potencial Matricial (kPa)	Umidade do solo (m^3/m^3)
0	0,655	0	0,646
5	0,492	5	0,494
8	0,466	8	0,473
10	0,405	10	0,417
33	0,352	33	0,377
100	0,320	100	0,349
500	0,275	500	0,299
1500	0,253	1500	0,280

Já os valores de umidade do solo, mostrados nas figuras de 1 a 2, indicam maior retenção de água no método da Câmara de Pressão de Richards, em relação aos valores obtidos através dos equipamentos TDR.



Fig

(CR) em função do equipamento Trase System (TS).

ards

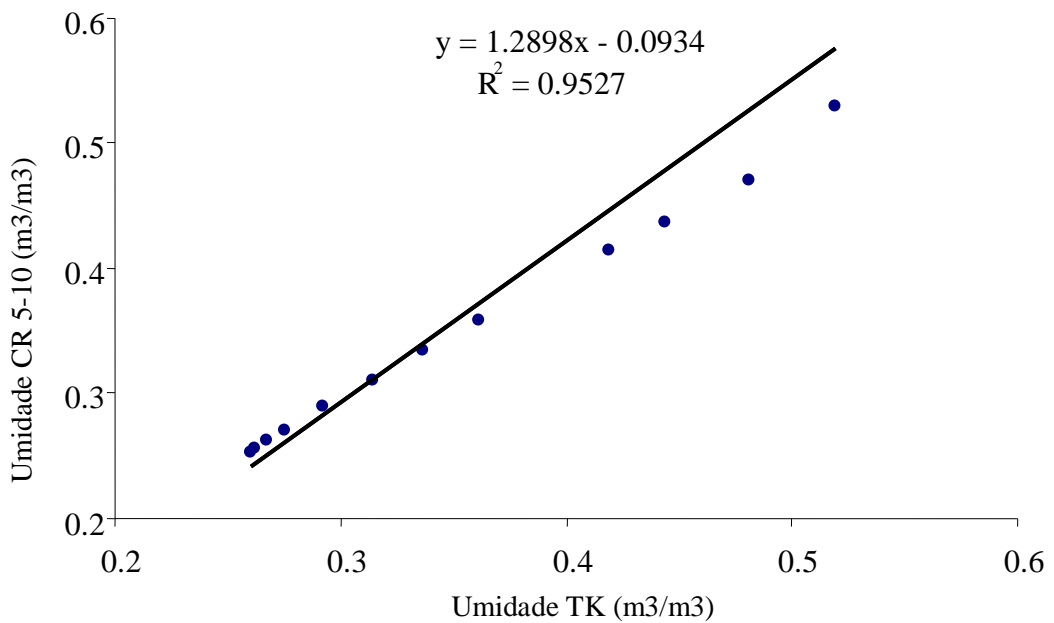


Figura 2. Relação entre valores de umidade do solo obtidos através da Câmara de Richards (CR) em função do equipamento Tektronix (TK).

A Figura 3 apresenta a relação entre os valores de umidade do solo obtidos com os dois equipamentos.

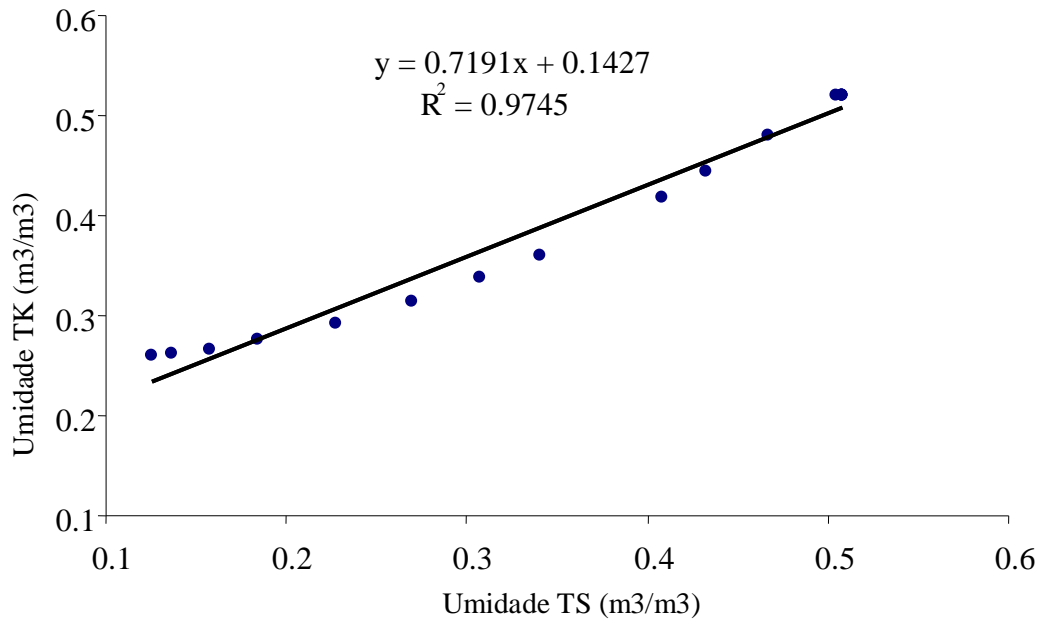


Figura 3. Relação entre valores de umidade do solo obtidos com os dois equipamentos TDR.

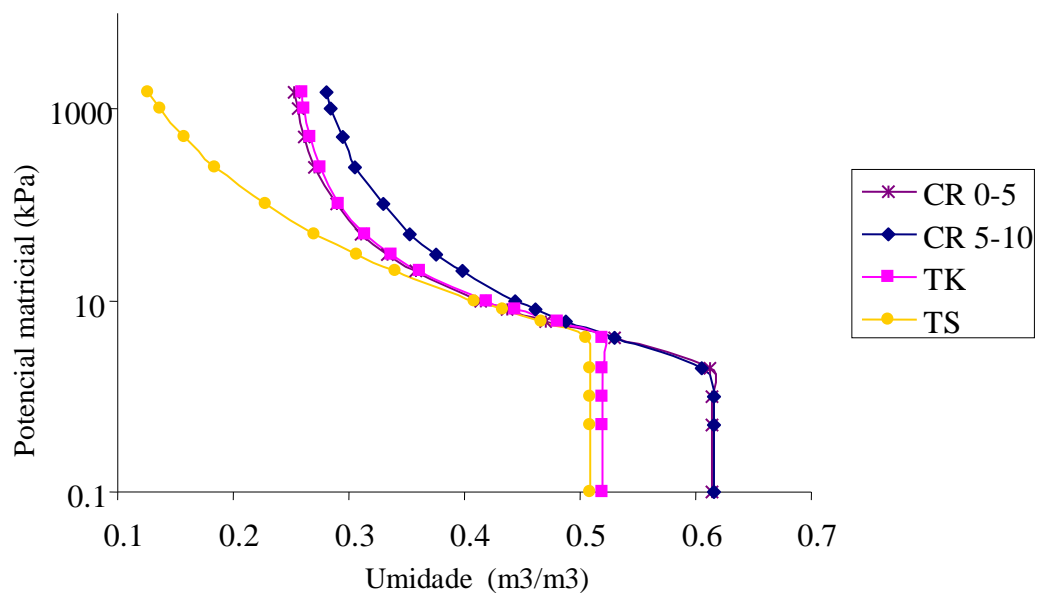


Figura 4. Curvas de retenção de água no solo obtidas com os equipamentos: Câmara de Richards para camada de 0-5 cm (CR 0-5) e para camada de 5-10 cm (CR 5-10), Tektronix 1502C (TK) e Trase System (TS).

A Figura 4 mostra a similaridade entre as curvas obtidas em CR 0-5 e TK, para altas tensões. Em tensões mais baixas, a partir de 4,5 kPa, observa-se maior umidade retida com o uso da Câmara de Richards, exatamente como obtido por Otto & Alcaide (2001). Alguns fatores podem ter contribuído para essa diferença, como o tamanho da amostra e a variação de estrutura, pois devido às peculiaridades de cada equipamento, foi necessário empregar amostras de diferentes tamanhos, fato que explica a diferença das curvas obtidas.

A Tabela 4 mostra os valores dos índices de desempenho c obtidos pelos 2 métodos, indicando que ambos apresentaram desempenho muito bom, relativamente ao método padrão que emprega a Câmara de Pressão de Richards.

Tabela 4. Desempenho dos métodos.

Método	Índice c	Desempenho
Trase System	0,869	Muito bom
Tektronix 1502C	0,880	Muito bom

6 CONCLUSÕES

- 1) O emprego de conjuntos de equipamentos TDR – tensiômetros para a determinação da curva de retenção de água no solo forneceu resultados que puderam ser comparados aos valores obtidos através da Câmara de Richards, resultando em índices de desempenho classificados como muito bons;
- 2) As determinações de dados de retenção através de conjuntos equipamento TDR – tensiômetro foram mais rápidas do que as operações realizadas através da Câmara de Pressão de Richards, mostrando-se sensíveis às variações de umidade do solo e, conforme o equipamento, permitindo a coleta automática de dados;
- 3) Os desempenhos dos 2 equipamentos TDR testados foram semelhantes entre si.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, p. 89-97, 1997.

FELICIANO, J. J. S. **Métodos alternativos para obtenção da curva de retenção da água no solo**. 2005. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2005.

FREITAS JUNIOR, E.; SILVA, E.M. Uso da centrífuga para determinação da curva de retenção de água do solo, em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, p. 1423-1428, 1984.

JURY, W. A.; GARDNER, W. R.; GARDNER, W. H. **Soil physics**. New York: John Wiley, 1991. 328 p.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: BLACK, C.A., (Ed.). **Methods of soil analysis**. I. Physical and mineralogical methods. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p. 635-662.

MEDEIROS, S.D. **Determinação da curva de retenção da água no solo através do fatiamento de amostras centrifugadas**. 1987. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

OR, D. et al. **WinTDR 6.0 Users Guide**, Disponível em:
<<http://129.123.13.101/soilphysics/wintdr/documentatio.htm>>. Acesso em: 05 jul. 2005.

OR, D.; WRAITH, J.M. **Agricultural and environmental soil physics**. Logan: USD, 1997. 218 p.

OTTO, S. R. L.; ALCAIDE, M. Utilização do método TDR-tensiômetro na obtenção da curva de retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, p. 265-269, 2001.

ROBINSON, D. A. et al. A Review of Advances in Dielectric and Electrical Conductivity Measurements in Soils Using Time Domain Reflectometry. **Vadose Zone Journal**, Madison, v. 2, p. 444-475, 2003.

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, p. 574-582, 1980.

VAN GENUCHTEN, M. T. A. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G., DAVIS, R. E. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 90, p. 8995-9005, 1985.