



## **CALIBRAÇÃO DE UMA SONDA DE CAPACITÂNCIA EM UM ARGISSOLO VERMELHO AMARELO EM PELOTAS – RS**

**TERRA, Viviane Santos Silva<sup>1</sup>; REISSER JÚNIOR, Carlos<sup>2</sup>; TIMM, Luís Carlos<sup>3</sup>; CARVALHO, Gian Carlo<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Mestranda em Sistemas de Produção Agrícola Familiar-FAEM/UFPEL e Bolsista do CNPq; <sup>2</sup> Pesquisador Dr. da Embrapa Clima Temperado-CPACT; <sup>3</sup> Prof. Dr. do Depto. de Engenharia Rural-FAEM/UFPEL; <sup>4</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Agrícola – FEA/UFPEL. vssterra@yahoo.com.br  
BR 392 Km 78 Cep 96001-970 EMBRAPA-CPACT

### **1. INTRODUÇÃO**

O uso de métodos e técnicas para determinar o nível correto de umidade do solo é de grande importância econômica, pois proporcionam aumento na eficiência de irrigação e contribuem para reduzir gastos de energia, água e mão-de-obra (DETOMINI, 2007). SOUZA & MATSURA (2002) citam que os seguintes métodos têm sido utilizados para quantificar a umidade do solo: a) diretos – gravimétrico, considerado como método padrão; e b) indiretos – sonda de nêutrons, resistência elétrica e Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR). Além destes, o uso de equipamentos baseados na Reflectometria no Domínio da Frequência (FDR) tem aumentado ao longo dos anos já que, depois de instalados os tubos de acesso e feita a calibração do equipamento, são de leitura rápida e não destrutivos, o que permite, por exemplo, monitorar o conteúdo de água no solo em função do tempo em uma determinada faixa de profundidade para, posteriormente, calcular a variação de armazenamento de água no solo em estudos relacionados ao balanço hídrico de uma cultura.

Este trabalho teve como objetivos: (i) determinar a equação de calibração de um equipamento FDR/Diviner 2000<sup>®</sup> para um Argissolo Vermelho Amarelo; e (ii) comparar a curva de calibração obtida com a curva fornecida pelo fabricante do equipamento (Empresa Sentek - Austrália) e com outras calibrações encontradas na literatura.

### **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido em uma área experimental pertencente à Embrapa Clima Temperado situada em Pelotas/RS (32°45'S e 52°30'W), altitude média de 60m, sendo o solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo.

O local selecionado para a calibração foi próximo a uma área experimental de pessegueiros, onde serão conduzidos futuros estudos envolvendo a quantificação dos diferentes componentes do balanço hídrico, bem como a delimitação da zona de extração de água pelo sistema radicular do pessegueiro.

A instalação dos tubos de acesso, a coleta das amostras de solo e a análise dos dados foram realizadas entre os meses de abril e junho de 2008. O procedimento de obtenção da curva de calibração da sonda Diviner 2000<sup>®</sup> foi realizado seguindo instruções fornecidas pelo fabricante do equipamento (SENTEK, 1999). Foram instalados dois tubos de acesso de PVC com comprimento de 1,0m cada, separados entre si de 5m. Um dos tubos foi instalado em uma condição de solo parcialmente seco (abril de 2008, após um período sem chuvas) e o outro em condição de solo mais úmido (em junho de 2008, em um período chuvoso) procurando-se determinar uma equação que seja válida para uma maior amplitude de variação de umidade. Para estabelecer a condição mais úmida, aplicou-se aproximadamente 80 litros de água, junto ao tubo, para que esta atingisse até 1,0m de profundidade. As leituras com a sonda foram realizadas nas profundidades de 15, 30, 45, 60 e 75cm, sendo que, no mesmo dia, três amostras indeformadas de solo foram coletadas em cada profundidade para determinar a densidade do solo e a umidade gravimétrica. Também se mediu a capacitância do ar e da água com a sonda obtendo-se leituras de frequências de 162612 (Fa) e 119198 (Fw), respectivamente. A frequência relativa (FR) foi calculada pela seguinte equação:

$$FR = (Fa - Fs)/(Fa - Fw) \quad (1)$$

Onde:

Fa = leitura de frequência no ar, tubo de PVC totalmente suspenso no ar por 10s;

Fw = leitura de frequência na água, tubo de PVC imerso em uma caixa com 18 litros de água; e

Fs = leitura de frequência no solo, tubo de PVC instalado no solo.

A partir do cálculo de FR, os valores de umidade volumétrica foram obtidos por meio da seguinte equação:

$$\theta_v = aFR^b \quad (2)$$

em que  $\theta_v$  é a umidade volumétrica do solo em  $m^3/m^3$ , a e b são coeficientes de ajustes da equação (adimensionais) e FR a frequência relativa calculada pela equação 1. O software Sigma Plot foi utilizado para obtenção dos coeficientes a e b e das estatísticas de avaliação dos resultados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As leituras de FR calculadas nas profundidades estudadas são apresentadas na Tabela 1, sendo o menor valor encontrado de 0,639241 em condição de solo seco e o maior de 0,82835 em solo úmido.

**Tabela 1.** Dados de argila, valores de frequência relativa (FR) nas profundidades estudadas para as duas condições de umidade estabelecidas.

Prof. cm	Solo		Granulometria (g/Kg)
	Seco	Úmido	Argila
15	0,738287	0,79449	140
30	0,703736	0,78136	200
45	0,680011	0,75441	200
60	0,639241	0,82835	450

Da Tabela 1 verifica-se que na condição de solo seco houve uma tendência de decréscimo do valor de FR até a profundidade de 60cm, seguido de um aumento na profundidade de 75cm. Já para a condição de solo úmido, os valores de FR decresceram até a profundidade de 45cm seguidos de um aumento na profundidade de 60cm e um decréscimo na de 75cm, ou seja, houve uma maior flutuação dos valores de umidade ao longo do perfil na condição úmida.

Na Tabela 2 são apresentados os coeficientes a e b da equação de calibração, estatísticas de avaliação dos resultados e valores mínimos e máximos de umidade volumétrica calculados (equação 2), para as camadas de 15, 30, 45, 60 e 75cm, bem como considerando uma camada somente de 0-75cm de profundidade.

**Tabela 2.** Coeficientes a e b da equação de calibração da sonda de capacitância Diviner 2000<sup>®</sup>, estatísticas de avaliação dos resultados, para as camadas de 15, 30, 45, 60 e 75cm e faixa de 0-75cm de profundidade.

Prof. (cm)	a	b	R <sup>2</sup>	P valor	Erro Padrão
15	0,9943	5,7720	0,9978	<0,0001	0,0186
30	0,9907	5,7180	0,9961	<0,0001	0,0262
45	0,9922	4,8672	0,9971	<0,0001	0,0214
60	0,9204	3,8760	0,9227	<0,0001	0,1048
75	0,9949	3,4489	0,9908	<0,0001	0,0357
0-75	0,9796	4,6689	0,9653	<0,0001	0,0710

Na Tabela 3 são apresentadas as equações de calibração da sonda para a profundidade de solo de 0 – 75cm da área em estudo, fornecida pelo fabricante e as realizadas em campo por diferentes autores (MORGAN et al., 1999; FARES et al., 2004; ANDRADE JUNIOR et al., 2007). Através das equações de calibração (Tabela 3) foram construídas as curvas com a umidade do solo estimada para cada equação a partir das leituras de frequência relativa (FR) calculadas por meio da equação 1 (Figura 1).

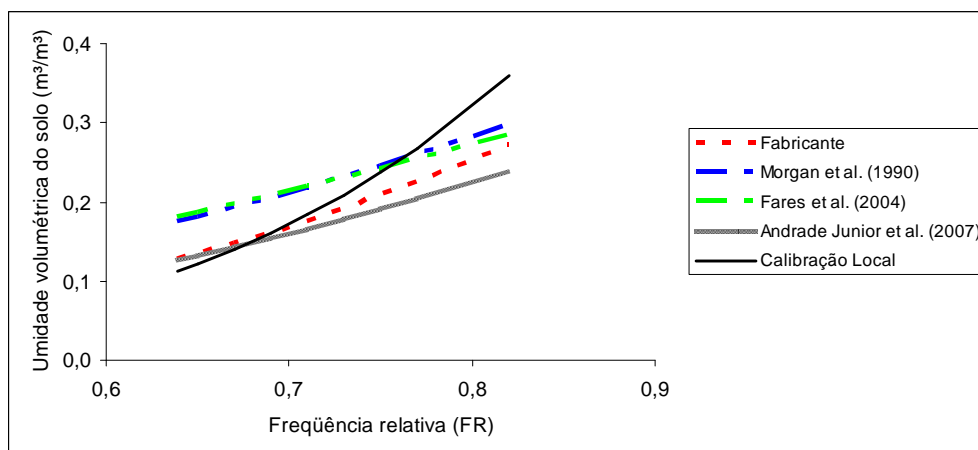
**Tabela 3.** Diferentes equações de calibração da sonda de capacitância Diviner 2000<sup>®</sup>, fonte de dados, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e o erro padrão.

Fonte de dados	Equação	R <sup>2</sup>	Erro Padrão
Calib. Fabricante	$\theta_v=0,494FR^{3,017}$	0.99	-*
Morgan et al. (1999)	$\theta_v=0,451FR^{2,121}$	0.83	0.008
Fares et al. (2004)	$\theta_v=0,440FR^{1,549}-0,040$	0.88	0.029
Andrade Junior et al. (2007)	$\theta_v=0,397FR^{2,533}$	0.97	0.010
Calibração Local	$\theta_v=0,9796FR^{4,6689}$	0,96	0,071

FR e  $\theta_v$  são frequência relativa, umidade volumétrica do solo (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>), respectivamente.

\* Não informado

Na Figura 1 pode-se observar que o resultado obtido apresentou grandes diferenças nos valores de umidade para mesmas medidas de FR, provavelmente devido ao fato de que os solos utilizados nas outras calibrações foram diferentes dos utilizados neste trabalho, principalmente quanto ao conteúdo da fração argila que apresenta características diferentes com relação à retenção de água.



**Figura 1.** Valores de umidade volumétrica do solo em função da frequência relativa (equação 1) obtidos a partir da equação local de calibração da sonda Diviner 2000<sup>®</sup> (equação 2), da equação do fabricante e de equações obtidas por outros pesquisadores na literatura.

#### 4. CONCLUSÕES

Os parâmetros  $a$  e  $b$  da equação de calibração da sonda Diviner 2000<sup>®</sup> obtida para a área experimental em estudo são maiores do que os fornecidos pelo fabricante e do que os encontrados em outros trabalhos na literatura, fato este que pode estar associado aos altos valores do teor de argila encontrados ao longo do perfil do solo.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À EMBRAPA e ao CNPq pelo auxílio financeiro e concessão de bolsas.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ANDRADE, A. J.; SILVA, C. R.; ROSSINI, D. Calibração de um sensor capacitivo de umidade em Latossolo Amarelo na microrregião do litoral Piauiense. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v.2, n.4, p.303-307, 2007.
- DETOMINI, E. R. Técnicas de avaliação de água no solo baseadas no uso de refletômetro no domínio de frequência-FDR. Piracicaba: 2007. 49p. (Relatório Técnico).
- FARES, A.; BUSS, P.; DALTON, M.; EL-KADI, A.I.; PARSONS, L.R. Dual field calibration of capacitance and neutron soil water sensors in a shrinking-swelling clay soil. Valdese Zone Journal, v.4, p.1390-1399, 2004.

MORGAN, K.T.; Parsons, L.R.; Wheaton, T.A.; Pitts, D.J.; Obreza, T.A. Field calibration of a capacitance water content probe in fine sand soils. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.63, p.987-989, 1999.

SENTEK. 1999. Diviner 2000. Guia del usuário. Versión 1.0.

SOUZA, C.F.; MATSURA, E.E. Avaliação de sondas de TDR multi-haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, n.1, p.63-68, 2002.