



## Desempenho de uma sonda de Capacitância e de sensores Watermark® com base na umidade gravimétrica em um Argissolo Bruno-Acizentado

**Alex Becker Monteiro<sup>1</sup>; Carlos Reisser Júnior<sup>2</sup>; Luciano Recart Romano<sup>3</sup>; Luís Carlos Timm<sup>4</sup>; Gabriel da Silva Lemos<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>PPG-Manejo e Conservação do Solo e da Água (MACSA), FAEM/UFPeI, Bolsista FAPERGS ([alexbeckermonteiro@gmail.com](mailto:alexbeckermonteiro@gmail.com)); <sup>2</sup>Pesquisador da EMBRAPA Clima Temperado; <sup>3</sup>PPG-MACSA, FAEM/UFPeI, Prof. IFMT-Campus Cáceres; <sup>4</sup>Prof. Associado II FAEM/UFPeI.

**RESUMO:** Com as diversas mudanças climáticas e escassez de água, o manejo da irrigação está se tornando de suma importância para a gestão dos recursos hídricos. O objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho de uma sonda de capacitância e de sensores Watermark® para determinação do conteúdo volumétrico de água em duas classes texturais em um Argissolo Bruno-Acizentado. O estudo foi realizado em um pomar de pessegueiro localizado no município de Morro Redondo, estado do Rio Grande do Sul. Para o monitoramento do conteúdo de água no solo ( $\theta$ ) realizaram-se medidas de  $\theta$  nas profundidades de 0,20, 0,30 e 0,40 metros, duas vezes por semana, utilizando uma sonda de capacitância modelo Diviner 2000®. Sensores de tensão de água no solo Watermark® foram instalados nas mesmas profundidades em que foram realizadas as leituras de  $\theta$  com a sonda de capacitância. Amostras de solo deformadas foram coletadas para a determinação do conteúdo de água gravimétrico pelo método padrão de estufa. Posteriormente, valores de  $\theta$  foram calculados por meio do produto da umidade gravimétrica pela densidade do solo. Para medidas de  $\theta$  próximas a 0,10  $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$  a sonda de capacitância apresenta resultados semelhantes, sem diferirem estatisticamente, com o método padrão de estufa. Porém, para valores de  $\theta$  próximos a 0,17  $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$  há diferença estatística entre os valores médios de  $\theta$ . O sensor Watermark® superestima as leituras de umidade do solo, sendo necessária sua calibração para o solo da área em estudo. A sonda de capacitância apresenta desempenho satisfatório na estimativa de  $\theta$  independente da classe textural.

**Termos de indexação:** Textura do solo, água no solo, modelos matemáticos.

### INTRODUÇÃO

Os recentes avanços tecnológicos fizeram que sensores de monitoramento de água no solo se tornassem indispensáveis para uma eficiente e automática operação de sistemas de irrigação. Sensores para monitoramento da umidade do solo têm sido usados em várias práticas de gestão de

recursos naturais, tais como a investigação sobre o rendimento das culturas, manejo de bacias hidrográficas, monitoramento ambiental, agricultura de precisão e manejo da irrigação (MARAZKY, et al., 2011).

ABRISQUETA et al. (2012) citam que há existem uma gama de sensores para medição do conteúdo de água no solo de forma contínua e em tempo real acelerando a tomada de decisão de forma precisa.

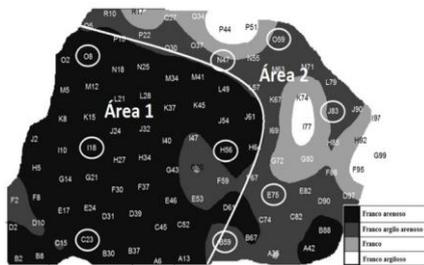
Entretanto, HIGNETT e EVETT (2008) advertem que alguns sensores de monitoramento de água no solo estão sendo usados em aplicações para as quais não são adequados, gerando resultados que têm pouca relação com as condições reais de campo. Estes e outros exemplos indicam que os sensores de monitoramento de água no solo estão sendo usados de forma generalizada e que devem ser realizadas avaliações do seu desempenho em tipos de solos específicos, (VARBLE e CHÁVEZ, 2011).

O objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho de uma sonda de capacitância e de sensores Watermark® para determinação do conteúdo volumétrico de água em duas classes texturais de um Argissolo Bruno-Acizentado.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um pomar comercial de pessegueiro, localizado no município de Morro Redondo – Rio Grande do Sul (RS), com coordenadas geográficas de 31° 31' 55,30" de latitude sul e 52° 35' 37,87" de longitude oeste, e a uma altitude de 243 metros em relação ao nível médio do mar. O clima é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen, ou seja, temperado úmido com verões quentes. O solo da área foi classificado como Argissolo Bruno-Acizentado.

A partir da aplicação de ferramentas geoestatísticas, TERRA (2012) elaborou mapas de distribuição espacial das frações granulométricas do solo na camada de 0,0-0,40 metros de profundidade. A partir disso, foram demarcadas duas zonas homogêneas em função da classe textural do solo, sendo classificadas como franco arenosa e franco-argilo-arenosa (**Figura 1**).



**Figura 1:** Mapa mostrando as duas áreas homogêneas do ponto de vista textural demarcadas na área experimental. Fonte: TERRA (2012).

Para o monitoramento do conteúdo de água no solo em cada classe textural demarcada, realizaram-se medidas do conteúdo de água no solo nas profundidades de 0,20, 0,30 e 0,40 m duas vezes por semana, utilizando uma sonda de capacitância modelo Diviner 2000®. Os sensores de tensão de água no solo Watermark® modelo 200SS foram instalados nas mesmas profundidades em que foram realizadas as leituras com a sonda. Os dados de tensão de água no solo registrados nos sensores foram àqueles armazenados às 9 h de cada dia em que foram realizadas medidas de conteúdo de água com a sonda de capacitância. Os dados de tensão de água no solo foram convertidos em umidade volumétrica ( $\theta$ ) por meio da curva de retenção de água no solo para cada classe textural.

Foram coletadas amostras de solo deformadas localizadas a 0,10 m do tubo de acesso da sonda para a determinação do conteúdo de água no solo pelo método padrão de estufa (método gravimétrico). Posteriormente, a umidade volumétrica ( $\theta$ ) foi calculada por meio do produto da umidade gravimétrica pela densidade do solo.

As curvas de retenção de água no solo foram determinadas utilizando a mesa de tensão para as tensões de 1 kPa e 6 kPa e câmaras de pressão de Richards para as tensões de 10 kPa, 33 kPa, 100 kPa e 1500 kPa. A curva de retenção de água experimental foi ajustada ao modelo matemático proposto por van Genuchten (1980), (TERRA, 2012).

Para comparar o desempenho da sonda de capacitância e dos sensores Watermark® modelo 200SS na determinação do conteúdo de água no solo, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) em esquema fatorial 3x2, três métodos de medição da umidade do solo e duas classes texturais, e uma comparação entre médias, por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Tabela 1** pode-se observar que para medidas do conteúdo de água no solo próximas a 0,10

$\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$  a sonda de capacitância apresenta resultados semelhantes, sem diferirem estatisticamente, com o método gravimétrico. Porém para valores de conteúdo de água no solo próximos a  $0,17 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$  há diferença estatística entre os valores médios de  $\theta$ .

O sensor de tensão de água no solo Watermark® modelo 200SS superestimou o conteúdo médio de água no solo nas condições estudadas. Estes resultados foram semelhantes aos resultados encontrados por CHOW et al. (2009) e HUANG et al. (2011) em um solo franco arenoso.

Analisando a **Figura 2** verifica-se que os valores de umidade volumétrica determinados com a sonda de capacitância e pelo método padrão de estufa se relacionam linearmente, apresentando um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,8469 independente da classe textural. O mesmo comportamento de  $R^2$  não foi encontrado para a regressão entre os valores de  $\theta$  determinados pelo sensor de tensão de água no solo Watermark® modelo 200SS e pelo método padrão.

Regressões lineares entre os valores de  $\theta$  determinados pelo sensor de tensão de água no solo Watermark® modelo 200SS com os determinados pelo método padrão, para cada classe textural são também apresentadas na **Figura 2**. Foi obtido um coeficiente ( $R^2$ ) de 0,8352 para a classe textural franco-argilo-arenosa e de 0,0473 para a franco-arenosa, entre a regressão linear dos valores de  $\theta$  determinados pelo sensor de tensão de água no solo Watermark® modelo 200SS e com os valores de  $\theta$  determinados pelo método padrão. O sensor de tensão de água no solo Watermark® modelo 200SS também superestima o conteúdo de água no solo na classe textural franco-argilo-arenosa.

As superestimativas de  $\theta$  determinado pelo sensor de tensão de água no solo Watermark® modelo 200SS pode estar relacionada à necessidade de uma calibração específica do sensor para o solo da área experimental em ambas as classes texturais.

Devido às poucas informações disponíveis sobre o sensor de tensão de água no solo Watermark® modelo 200SS esse modelo pode ter diferentes respostas ao potencial de água no solo (SHOCK et al., 1998), tanto quando comparado com outros modelos ou até mesmo com a  $\theta$  determinada pelo método padrão de estufa. Desta maneira, se faz necessária uma calibração do sensor de tensão de água no solo Watermark® modelo 200SS para diferentes tipos de solo e classes texturais.

Para realização da calibração do sensor de tensão de água no solo Watermark® modelo 200SS deve ser levado em conta à temperatura do solo principalmente quando o conteúdo de água no solo diminui, ou seja, conforme o conteúdo de água no



solo diminui a temperatura do solo se torna cada vez mais importante para uma boa precisão na leitura do conteúdo de água no solo (SHOCK, 2003; SHOCK et al., 1998)

### CONCLUSÕES

1. O sensor de tensão de água no solo Watermark® superestima as leituras de umidade do solo quando comparado ao método padrão de estufa para ambas as classes texturais. Sendo necessária sua calibração para o solo da área em estudo.
2. A sonda de capacitância apresenta desempenho satisfatório quando comparado ao método padrão para umidades próximas  $0,10 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ .
3. A sonda de capacitância apresenta desempenho satisfatório na estimativa do conteúdo de água no solo independente da classe textural.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a EMBRAPA e a FAPERGS pelo apoio financeiro para o trabalho de campo e para as bolsas de estudo.

### REFERÊNCIAS

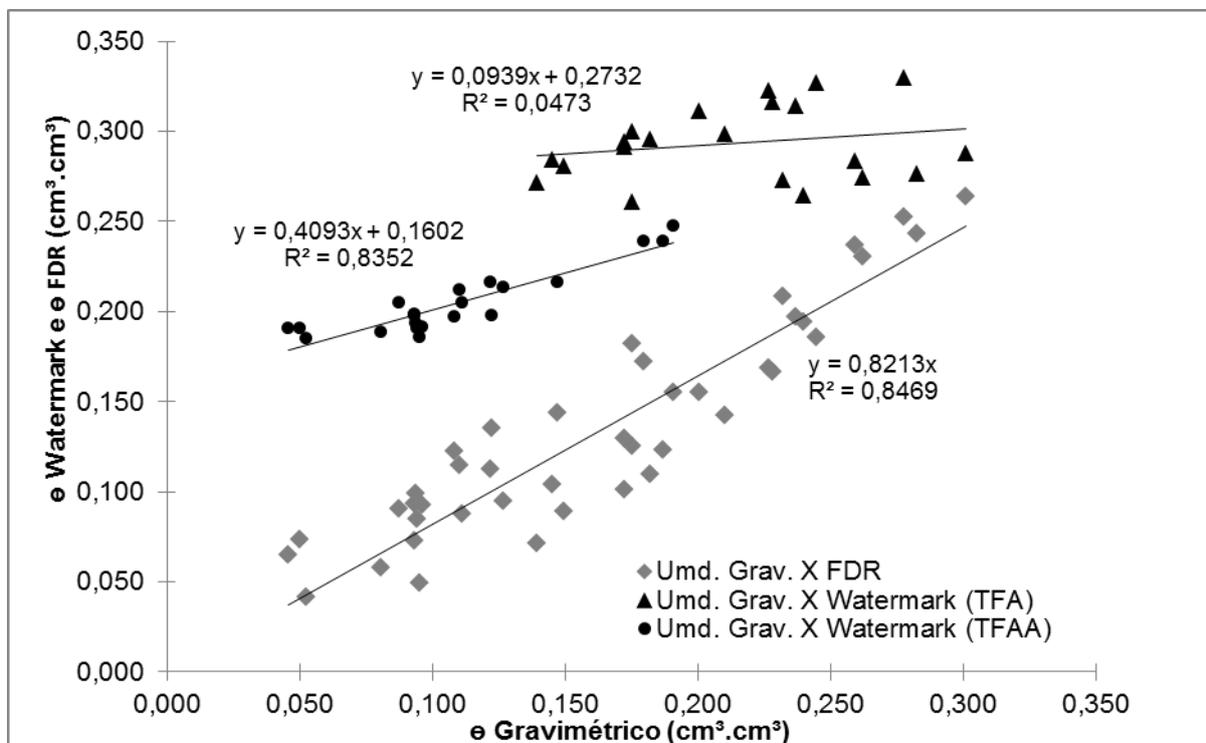
- ABRISQUETA, I.; VERA, J.; TAPIA, L. M.; ABRISQUETA, J. M.; RUIZ-SÁNCHEZ, M. C. **Soil water content criteria for peach trees stress detection during the postharvest period.** *Agricultural Water Management*, v. 104, p.62-67, 2012.
- CHOW, L.; XING, Z.; REES, H. W.; MENG, F.; MONTEITH, J.; STEVENS, L. **Field performance of nice soil water content sensors on a Sandy Loam soil in New Brunswick, Maritime Region, Canada.** *Journal Sensors*. 2009, 9, 9398-9413.
- HIGNETT, C., EVETT, S. **Direct and surrogate measures of soil water content.** In: *Field Estimation of Soil Water Content: A Practical Guide to Methods, Instrumentation, and Sensor Technology*. IAEA-TCS-30. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2008. ISSN 1018-5518.
- HUANG, Q.; AKINREMI, O. O.; RAJAN, R. SRI.; BULLOCK, P. **Laboratory and field evaluation of five soil water sensors.** *Can. J. Soil Sci.* 2011.
- MARAZKY, M. S. A. E.; MOHAMMAD, F. S.; AL-GHOBARI, H. **Evaluations of soil moisture sensors under intelligent irrigation systems for economical crops in Arid Regions.** *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 6 (2): 287-300, 2011.
- SHOCK, C. C. **Soil water potential measurement by Granular Matrix Sensors.** *Encyclopedia of Water Science*. 2003.
- SHOCK, C. C.; BARNUM, J. M.; SEDDIGH, M. **Calibration of Watermark soil moisture sensors for irrigation management.** *Malheur Experiment Station, Oregon State University, Ontario, Oregon*. 1998.
- TERRA, V. S. S. **Variabilidade espacial e temporal de atributos agrônômicos em pomar de pessegueiro.** Universidade Federal de Pelotas. Tese - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Pelotas – 2012.
- van GENUCHTEN, M.T.. **A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils.** *Soil Science Society of America Journal*, 44: 892-897.1980.
- VARBLE, J. L.; CHÁVEZ, J. L. **Performance evaluation and calibration of soil water content and potential sensors for agricultural soils in eastern Colorado.** *Agricultural Water Management* 101 (2011) 93–106.

**Tabela 1.** Comparação entre valores médios, de conteúdo de água em um solo Argissolo Bruno-Acinzentado, obtidos por três métodos da umidade do solo.

Sensor	Profundidade (cm)			
	20 <sup>1</sup>		30	40
	Arg. 12,3% / Are. 68,4%	Arg. 30,7% / Are. 50,8%	-	-
Gravimétrico	0,1049 b <sup>2</sup>	0,1715 b	0,1647 b	0,1101 b
Sonda de Capacitância	0,1056 b	0,1138 c	0,1233 c	0,1107 b
Watermark	0,2073 a	0,2912 a	0,2582 a	0,2061 a

<sup>1</sup>Interação significativa.

<sup>2</sup>As médias não seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.



**Figura 2.** Regressões lineares entre a umidade do solo a base de volume determinada pelo método padrão de estufa (gravimetria, Umd. Grav.) e pela sonda de Capacitância (FDR) e pelo sensor de tensão de água no solo Watermark® em duas classes texturais de um solo Argissolo Bruno-Acinzentado [textura franco-arenosa (TFA) e franco-argilo-arenosa (TFAA)].