

DESEMPENHO DE DIFERENTES TIPOS DE TENSÍÔMETROS NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE BOTUCATU-SP

A. O. SILVA¹, L. L. Q. MOREIRA¹, G. S. LIMA¹, R. N. F. MONTEIRO¹ & A.
E. KLAR²

RESUMO: Este trabalho objetivou avaliar o desempenho dos diferentes sistemas de leituras em diferentes tensiômetros em argissolo localizado em Botucatu-SP. Foi realizado um experimento em delineamento inteiramente aleatório e em esquema fatorial 3 x 2 x 2 x 8, três sistemas de leitura do tensiômetro, duas profundidades de instalação (0,2 e 0,4 m), dois horários de leitura e 8 leituras, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, seguidas pelo teste de Tukey, a 5 %. Também foram analisados com base nos indicadores estatísticos índice de concordância de Willmott, erro absoluto médio, raiz quadrada do erro médio normalizado, coeficiente de determinação e de massa residual. O vacuômetro de Bourdon foi mais exato e eficiente que o tensímetro digital nos testes em que os mesmos foram submetidos cujo a referência seria o manômetro de mercúrio.

PALAVRAS-CHAVE: Potencial matricial, tensímetro, vacuômetro de Bourdon

PERFORMANCE OF DIFFERENT TYPES OF TENSIO METER CLIMATIC CONDITIONS OF BOTUCATU-SP

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the performance of different systems in different tensiometer readings in Ultisoil located in Botucatu-SP. An experiment was conducted in completely randomized design in a factorial 3 x 2 x 2 x 8, three of the tensiometer reading systems, installation of two depths (0,2 and 0,4 m), two reading times and 8 readings, with four replications. Data were subjected to analysis of variance by F test followed by Tukey test at 5%. Were also analyzed based on statistical indicators Willmott index of agreement, mean absolute error, root mean square standard error, coefficient of determination, coefficient of residual mass and efficiency. The Bourdon vacuum gauge was more accurate and efficient than the digital tensiometer tests in which they were submitted which would be the reference mercury manometer.

¹ Pós-graduando em Irrigação e drenagem, UNESP/FCA, Caixa postal 237, CEP:52171-900, Botucatu-SP, Fone (14) 81814704. Email: alexsandro01@fca.unesp.br.

² Prof. Doutor, Depto de Engenharia Rural, UNESP/FCA, Botucatu, SP.

KEYWORDS: Matric potencial, tensimeter, Bourdon vacuumeter

INTRODUÇÃO

Devido à importância de um adequado manejo da irrigação conhecer o comportamento da água no solo é essencial para tomadas de decisões referentes ao manejo racional dos cultivos irrigados. Portanto um dos aspectos a serem avaliados para tais decisões é o potencial matricial que é definido como a energia com que a água está retida pela fração sólida do solo (KLAR, 1984).

Embora apresente limitações como qualquer instrumento, o tensiômetro tem sido utilizado de modo satisfatório na determinação do potencial matricial sendo uma das limitações o seu limite de funcionamento adequado que tem sido $-0,085\text{MPa}$, levando em consideração que o intervalo do potencial agronomicamente importante é de $1,5\text{MPa}$ sendo que a faixa da agrícola da atividade comercial é de $0,1\text{MPa}$ (BRITO et al. 2009). Neste pressuposto diversos autores (RICHARDT, 1990; KLAR, 1984) indicam que o tensiômetro é um excelente instrumento de campo para o monitoramento da água no solo visando o controle da irrigação.

Sendo um instrumento de custo baixo, quando comparado a instrumentos de medição indireta do potencial mátrico, como sondas capacitivas, TDRs, sonda de nêutrons (KLAR, 1984) diversas melhorias foram feitas nos tensiômetros ao longo dos anos. Os tensiômetros clássicos utilizaram-se de manômetros de Hg (mercúrio) para sua leitura, conforme a evolução e ao risco que o Hg trazia a saúde do usuário quando não usado adequadamente foi desenvolvido o tensiômetro de Bourdon ou vacuômetro que faz leituras através de um dispositivo mecânico que transmite o sinal analógico a um eixo com um ponteiro em sua extremidade indicando o valor da tensão em um visor. Após este foi criado o tensiômetro digital utiliza um transdutor de pressão como elemento sensível para transmitir um sinal correspondente à tensão no interior do tensiômetro quando do momento da leitura. Por isto quando se pretende substituir um instrumento convencional, por um outro, a confiabilidade no instrumento a ser substituído para o novo modelo de equipamento é um aspecto importante (SENTELHAS et al., 1997) devendo ser analisado e comparado.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de tensiômetros com diferentes sistemas de leituras (manômetro de mercúrio, vacuômetro de Bourdon e

tensímetro digital) na medida do potencial mátrico da água em um argilossolo localizado em Botucatu-SP.

MATERIAIS E METODOS

O experimento foi conduzido em área experimental na UNESP no campus da Faculdade de Ciências Agrônômicas no departamento de engenharia rural em Botucatu-SP. O solo é classificado como latossolo com 23,% de areia, 25,7% de silte e 50,4% de argila. O delineamento estatístico realizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 3 x 2x 2 x 8, ou seja, três sistemas de leitura para o cálculo do potencial mátrico da água no solo e duas profundidades de instalação da cápsula porosa (0,20 e 0,40 m), com horário de leitura manhã e tarde em 8 dias.

Os tensiômetros foram confeccionados com tubos de PVC rígido e o aparato destinado ao funcionamento do manômetro de mercúrio empregou uma mangueira de “nylon”, conectando o tensiômetro a uma cuba com Hg. Para o tensiômetro de Bourdon, utilizou-se foram utilizados os mesmos procedimentos feitos por BRITO et al. (2009) como mostra a Figura 1.

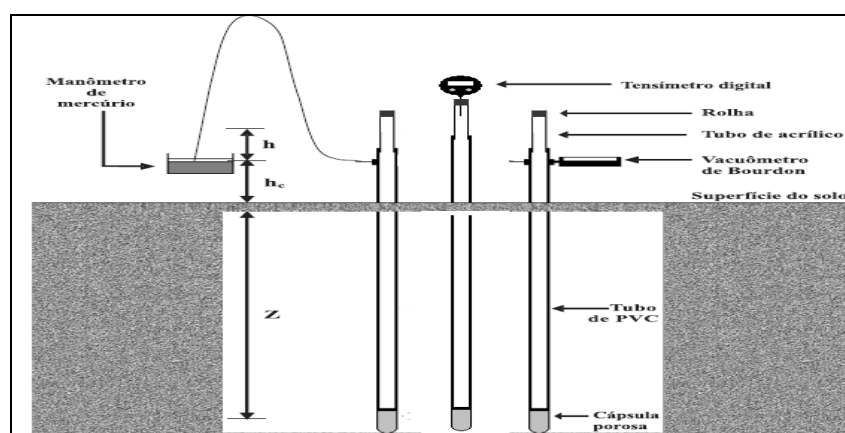


Figura 1. Diagrama esquemático dos tensiômetros e seus sistemas de leituras no solo

A determinação do potencial mátrico da água no solo para os tensiômetros com manômetro de mercúrio, com vacuômetro de Bourdon e tensiômetro digital com transdutor de pressão foi realizada conforme descrito por REICHADT (1990) e BRITO et al. (2009) determinando-se assim o potencial matricial. Os dados obtidos, foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias contrastadas pelo teste de Tukey a 5 %. Para a comparação dos dados, foram utilizados os seguintes índices: índice de concordância de Willmott - d; erro máximo – Emax; erro absoluto médio – EAméd; raiz quadrada do erro médio normalizado RQEM; coeficiente de determinação

– CD; coeficiente de massa residual – CMR; e eficiência – E, conforme SENTELHAS et al. (1997). Esses indicadores foram obtidos a partir das seguintes equações:

$$d = 1 - [\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 / \sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2] \quad (1)$$

$$EAmad = \frac{1}{n} [\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)] \quad (2)$$

$$RQEM = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 \right]^{0,5} \times \left(\frac{100}{\bar{O}} \right) \quad (3)$$

$$CD = \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 / \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{O})^2 \quad (4)$$

$$CMR = [\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i] / \sum_{i=1}^n O_i \quad (5)$$

$$E = [\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2] / \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \quad (6)$$

Em que: P_i - corresponde aos dados obtidos para o instrumento-padrão (manômetro de mercúrio);

O_i - São os dados obtidos para o instrumento objeto de comparação; n é o número de observações;

\bar{O} - É a media dos dados obtidos para o instrumento de comparação.

O tensiômetro com manômetro de mercúrio foi considerado como referência devido à sua alta sensibilidade às variações do potencial mátrico da água no solo.

RESULTADO E DISCUSSÕES

Nas leituras da profundidade de 0,2m o vacuômetro de Bordon obteve os menores valores de potencial mátrico, diferindo significativamente daqueles do tensímetro e do manômetro de mercúrio ao contrario do que foi observado por BRITO et al. (2009) em solos da região de Piracicaba-SP. Na profundidade de 0,4 m o tensímetro digital diferiu significativamente dos demais métodos de leitura (Tabela1). Na Figura 2, Observa-se uma tendência de paralelismo entre as retas de ajustes dos equipamentos com as cápsulas porosas instaladas na profundidade de 0,2 m, enquanto para a profundidade de 0,4 m não há essa tendência. Entretanto, os potenciais mátricos medidos a 0, 4 m de profundidade aproximaram-se mais da condição ideal (reta 1:1), o

que sugere maior variação das condições edafoclimáticas na profundidade de 0,2 m como o secamento/umedecimento do solo e a variação da temperatura.

TABELA 1. Valores médios de potencial mátrico para os sistemas de leitura em função da profundidade de instalação da cápsula porosa, do horário de leitura e do período de avaliação.

Profundidade/horário					
Sistema de leitura	0,2m		0,4m		Média
	Manha	Tarde	Manha	Tarde	
KPa					
Mércurio	-10.50 a A	-9.50 a B	-10.75 a A	-9.75a A	10,12a
Vacuômetro	-9.25 b A	-8.50 b A	-11.00 a A	-10.25 a A	9,75b
Tensímetro	-10.75 a A	-10.25 a A	-12.75 b A	-12.50b A	11,56c
Média da profundidade	9,78B'		11,16A'		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05). Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e para cada profundidade não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05). Médias seguidas da mesma letra maiúscula (com apóstrofo) na linha não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05).

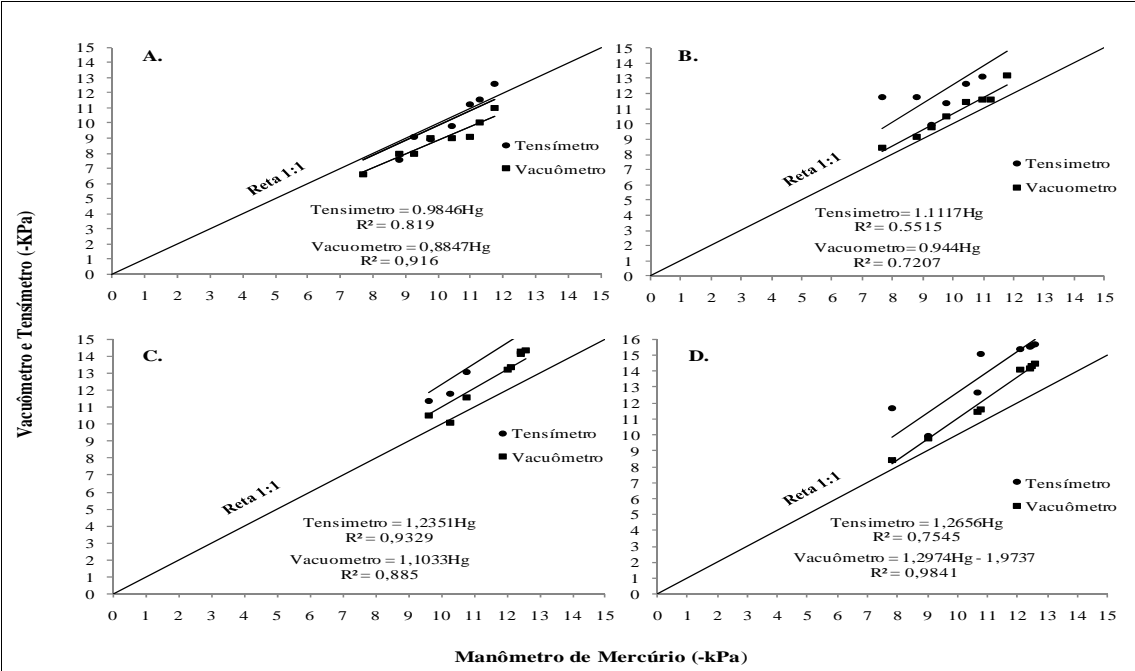


Figura 2. Relação entre o potencial mátrico medido pelo manômetro de mercúrio, vacuômetro de Bourdon e tensímetro digital a 0,2 m (a) e 0,4 m (b) pela manhã, e a 0,2 m (c) e 0,4 m (d) à tarde.

Os índices RQEM e CMR calculados para o tensímetro digital estão mais distantes da medida realizada no instrumento controle, quando comparado ao vacuômetro de Bourdon. Mas é o índice eficiência (E) que aparece como o mais sensível às variações dos instrumentos quanto ao controle, como também à condição ideal. Em comparação ao Bourdon, o valor de eficiência do tensímetro digital está mais distante da unidade, o que demonstra menor eficiência nas duas profundidades conforme BRITO et al. (2009).

Tabela 2. Índices estatísticos para comparação do vacuômetro de Bourdon e tensímetro digital em relação ao manômetro de mercúrio

Índices de comparação						
Medidor	D	EAmed	CD	RQEM	CMR	E
0,2 m de profundidade						
Vacuômetro	0,80	1,16	0,52	4,87	-0,13	0,06
Tensímetro	0,83	0,38	1,57	12,01	0,03	0,14
0,4m de profundidade						
Vacuômetro	0,88	0,86	1,18	8,27	0,05	0,62
Tensímetro	0,45	2,49	0,38	21,67	0,19	-1,57

CONCLUSÕES

O vacuômetro de Bourdon é mais exato e eficiente que o tensímetro digital e, na ausência do manômetro de mercúrio, com base nestes aspectos, deve ser preferido para a medida do potencial mátrico da água no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BRITO, A. S.; LIBARDI, P. L.; MOTA, J. C. A.; MORAES, S. O. Desempenho do tensiômetro com diferentes sistemas de leitura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 17-24, 2009.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2ed. São Paulo: Nobel, 1984, 408 p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo, Manole, 1990. 188p.

SENTELHAS, P.C.; MORAES, S.O.; PIEDADE, S.M.S.; PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R. & MARIN, F.R. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estações convencional e automática. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, p.215-221, 1997.