

INDICADOR DE TENSÃO PARA TENSÍÔMETROS DE CÂMARA DE AR

JOSÉ F. de MEDEIROS¹, MANOELLA I. de O. FREITAS², FRANCISCO A. L. PEREIRA².

¹ Bolsista Pesquisa CNPq; Engenheiro Agrônomo D. Sc., Prof. Colaborador, Depto. de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró-RN, Fone: (84)3315-1741, e-mail: jfmedeir@ufersa.edu.br

² Bolsista BITEC/CNPQ, Mossoró- RN, e-mail: ingrid_engenheira@yahoo.com.br e franciscoagro@bol.com.br.

**Escrito para apresentação no
XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB**

RESUMO: O uso de tensiômetro de câmara de ar com leitura direta pode ser uma alternativa de baixo custo para o manejo da irrigação. O objetivo deste trabalho foi avaliar um dispositivo que faz a medição do potencial matricial da água do solo usando tensiômetro de câmara de ar. Peças de quatro e oito centímetros de comprimento foram confeccionadas e instaladas nos tensiômetros com as alturas de câmara de ar inicial de dois e três centímetros, e de quatro e cinco centímetros para as respectivamente peças. Outra configuração testada constou de apenas uma fita graduada. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com três repetições e os tratamentos constaram da combinação das cinco configurações de câmara e três tipos de solo (textura arenosa, média e argilosa). Os tensiômetros foram instalados em vasos cultivados com grama de burro. A medida da tensão usando dispositivos que tem área da seção superior com dimensões que evita ascensão capilar. Com exceção do dispositivo constituído da peça de 4,0 cm de altura e câmara de ar inicial de 2,0 cm, os demais foram eficientes para medir a tensão nos tensiômetros de forma direta.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo da irrigação; tensiometria; leitura direta.

DEVICE OF TENSION FOR “AIR-POCKET” TENSIOMETER

ABSTRACT: A low cost alternative for water management is the air chamber tensiometer with direct readings. The objective of this work was to develop a device for water potential measurement in air pocket tensiometers. Devices tested were pieces with length of four and eight centimeters installed in tensiometer with initial height of air-pocket of two and three centimeters. Another gauge was constituted of a graduated tape. Experimental design was an entirely randomized with three replications. Treatments resulted from a combination of five chamber configurations and three soil types (sandy, loamy and clay). Tensiometers were installed in pots where Bermuda grass was grown. Measures were taken simultaneously with a graduated rule and with a digital tensiometer. Devices more accurate for low potential measurement had the upper section which dimensions prevented capillary raise. One exception was the device with a four centimeter height and initial air-pocket with two centimeter. The other devices were efficient in measuring water potential directly.

PALAVRAS-CHAVE: irrigation management; tensiometer; direct reading.

INTRODUÇÃO: O agronegócio requer o uso de tecnologias que aumentem a eficiência do uso de insumos, apresentando maior produtividade e qualidade do produto possíveis. Na agricultura irrigada, sobretudo em regiões semi-áridas, o manejo adequado da irrigação é fundamental para conviver com o sistema de produção sustentável. Dentre os meios mais utilizados para fazer o manejo da irrigação, se destaca a tensiometria. Os tensiômetros dão os valores diretamente em energia; as leituras são facilmente obtidas e os valores são diretamente correlacionados com a umidade do solo (ASSIS JÚNIOR, 1995; MORAIS et al., 2004). Com os tensiômetros convencionais, de uso mais comum, utiliza-se o mercúrio metálico como manômetro e isto é um grave problema do instrumento, uma vez que, associado ao uso do mercúrio, acarreta danos à saúde de quem o manuseia, risco de poluição ambiental e dificuldade de manutenção. Segundo Assis Júnior (1995), tendo em vistas estes problemas, faz-se necessária a avaliação de outros instrumentos, tais como leitura direta pela câmara de ar, desenvolvido por Villa Nova et al. (1989). O uso da leitura direta seria o de menor custo, embora possa sofrer efeitos das variações de temperatura durante o dia e precisa fazer as leituras com muito critério. Para isso, alternativas são fazer leituras no mesmo horário do dia, desenvolver escalas fixas de baixo custo e criar uma geometria da câmara de ar de modo que a escala seja próxima do linear com as tensões lidas. O objetivo deste trabalho foi avaliar dispositivos que permita fazer a medição do potencial matricial da água do solo usando tensiômetro de câmara de ar, cuja escala seja linear.

MATERIAL E MÉTODOS: Para se construir os dispositivos de leitura direta de tensão, criaram-se dois formatos de câmara: uma sendo o cilindro formado pelo tubo de área A_0 e a outra formada pela intersecção desse cilindro circular e uma cunha circular de um lado e plano no outro. Para fazer a leitura direta da tensão na primeira câmara criou-se uma escala (Fita) utilizando-se a equação:

$$h = \frac{-[\bar{A}(P_{atm} - T) + h_0 \times A_0] + \sqrt{[\bar{A}(P_{atm} - T) + h_0 \times A_0]^2 + 4\bar{A} \times T \times h_0 \times A_0}}{2\bar{A}} \quad (1)$$

Para construir as cunhas, assumiram-se dois valores de K, que é a razão entre a tensão (T, em cm.c.a) e a altura do rebaixamento de água no interior da câmara (h, em cm) em relação ao nível de quando a pressão interna é a atmosférica (P_{atm} , em cm.c.a), de 50 e 100, como também, considerou-se a altura inicial da câmara (h_0 , em cm) de 2,0 e 3,0 cm para K=100 e 4,0 e 5,0 cm para K=50. Utilizando a equação (2) calculou-se a área média ($\bar{A}$, em cm^2) que a câmara deveria ter para diferentes rebaixamentos de água na câmara (h). Assim, tendo-se a área média da seção da câmara em função de h, calculou-se numericamente a área da seção para cada valor de h, por tentativa, usando simpson, da seguinte forma:

$$A(h) = \frac{2\pi r^2}{360} \times \arcsen\{[r^2 - (r - z)^2]^{0.5} / r\} \times 57,3 - [r^2 - (r - 2)^2]^{0.5} \times (r - z) \quad (2)$$

Sendo r o raio do tubo, em cm^2 , z, o corte na peça cilíndrica para confecção da cunha, em cm. As peças foram construídas em PVC para leituras de tensão de até 40 kPa, usando tarugo de PVC de 12 mm de diâmetro. Inicialmente, foi feito um passo em torno mecânico no tarugo de PVC para ficar com diâmetro de 11,8 mm para em seguida, usando uma lixadeira fazer um desbaste lateral na peça, conforme os cálculos. Peças de quatro centímetros (K=100) foram instaladas nos tensiômetros com as alturas de câmara inicial de dois e três centímetros, e peças de oito centímetros (K=50) foram instaladas com as câmaras iniciais de quatro e cinco centímetros, denominadas de 4.1, 4.2, 8.1 e 8.2, respectivamente. Outra configuração testada foi sem o uso da peça de PVC, constando de apenas uma fita confeccionada em serigrafia, a partir de um desenho elaborado usando computação gráfica, com uma escala variando de 0 a 50 kPa. O delineamento experimental adotado em campo foi o inteiramente casualizado com três repetições. Os tratamentos constaram da combinação de cinco configurações de câmara de ar e três tipos de solo (arenoso, argiloso e textura média) e foram utilizadas três repetições. Foi realizada em laboratório a calibração do tensímetro digital utilizado no estudo [$T(cm.c.a) = 1,064.Leitura(mbar) + 7,83, R^2 = 0,99$], como também, todos os dispositivos de medida direta da tensão confeccionados foram testados antes da instalação no campo, usando um calibrador de tensiômetro confeccionado para este fim. Os tensiômetros

foram instalados em vasos cultivados com grama de burro. Foram tomadas leituras durante 20 dias, sendo consideradas para avaliação leituras de oito dias. Em cada dia era tomada a medida direta no dispositivo de leitura direta com régua graduada, em mm, e ao mesmo tempo era feita a medição com tensímetro digital de precisão. Após cada leitura, um sistema de irrigação por gotejamento era acionado para repor a lâmina evapotranspirada, isto feito no período da manhã e da tarde. Para cada dispositivo, os dados obtidos pelos dois métodos foram comparados em termos de média, utilizado o teste “t”, e foi realizada análise de regressão para se obter a relação entre elas e verificar igualdade dos modelos obtidos para cada tipo de dispositivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Utilizando procedimento numérico para cada altura de câmara de ar foi encontrada uma equação que determina o corte que será dado no tarugo (bastão) de PVC e o seu novo diâmetro (Tabela 1). Foram encontradas também as equações gerais para os cortes das peças de 4,0 cm (K=100) e de 8,0 cm (K=50) de altura. As peças construídas apresentaram pequenos desvios nas dimensões projetadas. Para corrigir isso, os dispositivos foram calibrados em laboratório. Os desvios podem ser explicados pelas diferenças entre as espessuras calculadas e as realmente verificadas após a construção das peças, como também, pela linearização dos perfis das cunhas, demonstrando que as equações teóricas e empíricas desenvolvidas podem ser utilizadas de forma precisa. Verifica-se que o dispositivo Fita e a Peça 4.2 (K=100 e $h_0=3,0$ cm) apresentam médias similares ($p<0,05$) às obtidas com tensímetro digital, enquanto os outros dispositivos apresentaram valores médios 15% a 20% inferior as médias obtidas com o tensímetro (Tabela 2). Também, observam-se valores ao redor de 10% de dados de leituras entre os métodos de medida que foram descartados por apresentarem discrepância forte entre os métodos de medida, exceto para a peça 4.1, que atingiu 27%. Na Figura 1 verifica-se que existem altas correlações entre as tensões medidas pelos dois métodos, com a Fita e a Peça 4.2 sobrestimando um pouco para as tensões maiores, enquanto os outros dispositivos tenderam a subestimar para baixas tensões. A menor espessura da câmara na parte superior dois dispositivos Peças 4.1, 8.1 e 8.2, provocando pequena ascensão capilar pode ser a justificativa dessa subestimativa para baixos valores de tensão. A fita, embora apresentando boa precisão nas medições, como já verificado por Moraes et al. (2004), o inconveniente é zerar a câmara e ler com precisão o rebaixamento, necessitando de uma lupa para melhorar a resolução. Embora tenha sobrestimado os valores de tensão para as baixas tensões, os dispositivos compostos da peça de 8,0 cm facilitaram a leitura. Entretanto, as variações constantes na umidade do solo, zeramento não frequentes, baixos valores de tensão associados às variações na temperatura entre o dia e a noite são outras causas para sobrestimar os valores. Mesmo as equações de calibração para os diferentes dispositivos diferindo da relação 1:1, dentro da faixa de tensões de 50 a 300 cm.c.a, faixa mais comum para a tensão da água no solo em irrigação localizada, as diferenças entre os métodos de medida estão entre ± 30 cm.c.a, erro aceitável para o manejo da irrigação. Assis Júnior (1995) faz considerações similares quando avaliou o uso de tensiômetros de leitura direta usando câmara de forma cilíndrica.

Tabela 1– Dimensões das peças para as câmaras do tensiômetro de leitura direta.

Altura inicial (h_0)	K	Equação $z=f(h)$	Comprimento	Corte/Espessura	
				Início	Fim
2,0	100	$z=0,294+0,0569h$	4,0	2,95/9,05	5,20/6,80
3,0	100	$z=0,344+0,0682h$	4,0	3,45/8,55	6,15/5,85
4,0	100	$z=0,393+0,0778h$	4,0	3,90/8,10	7,00/5,00
3,0	50	$z=0,240+0,0230h$	8,0	2,40/9,60	4,25/7,75
4,0	50	$z=0,292+0,0283h$	8,0	2,90/9,10	5,20/6,80
5,0	50	$z=0,345+0,0321h$	8,0	3,45/8,55	6,0/6,0

h_0 – altura da câmara quando a pressão é atmosférica; z – será a espessura do corte que será realizado no bastão de 12,0 mm. O coeficiente de determinação para todas as equações foram superiores a 0,99.

Tabela 2 – Comparação das médias de tensão obtidas com tensímetro digital e obtidas com dispositivos de leitura direta, número de dados e percentagem de relações discrepantes.

Discriminação	Dispositivo				
	Fita	Peça 4.1	Peça 4.2	Peça 8.1	Peça 8.2
Leitura Direta	98 a	102 b	117 a	84 b	84 b
Tensímetro	101 a	128 a	120 a	103 a	101 a
Nº Dados	44	46	57	56	58
Tensiômetros com falhas (%)	9,3	27	9,1	10,6	11,9

* Letras iguais nas colunas indicam diferença não significativa entre as medias pelo teste “t” a 5 % de probabilidade entre os métodos de medida de tensão.

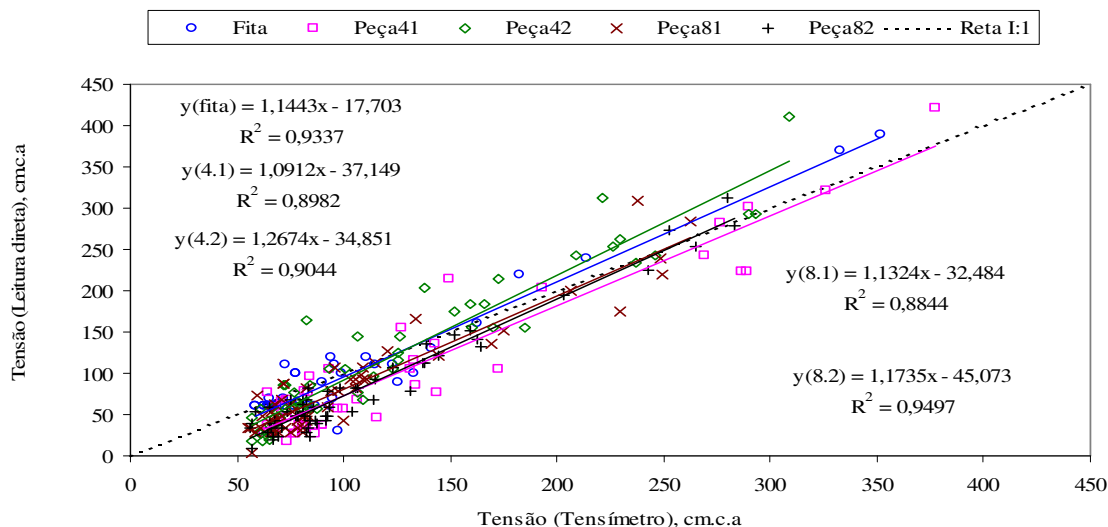


Figura 1. Relação entre a tensão medida com os dispositivos de leitura direta e tensão medida com tensímetro digital.

CONCLUSÕES

O modelo desenvolvido permite desenvolver diferentes arquiteturas de câmaras com relação linear entre o rebaixamento da câmara de ar e valor de tensão.

A medida da tensão usando dispositivos que tem área da seção superior com dimensões que evita ascensão capilar foi mais precisa na medida de baixas tensões.

Com exceção do dispositivo constituído da Peça de 4,0 cm de altura e câmara de ar inicial de 2,0 cm, os demais foram eficientes para medir a tensão nos tensiômetros de forma direta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS JÚNIOR, R. N. **Análise do desempenho do tensiômetro de câmara de ar na avaliação do potencial mátrico da água.** 1995. 85f. Tese (Doutorado em Solos) – ESALQ, Piracicaba, 1995.
e Drenagem, 12. Uberlândia, MG, 2002. **Anais...** Uberlândia: ABID, UFU, 2002. CD-ROM

MORAIS, N. B.; MEDEIROS, J. F.; LEVIEN, S. L. A. Avaliação de tensiômetro com câmara de ar usando leitura direta e tensímetro. **Caatinga**, Mossoró, RN, v.17, n.2, p.64-69, 2004.

VILLA NOVA, N.A.; REICHARDT, K., LIBARDI, P.L., MORAES, S.O. Direct reading “air-pocket” tensiometer. **Soil Technology**, Cremlingen, v. 2: p. 403-407, 1989.