

# **DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM DISPOSITIVO PARA AMPLIAR A PRECISÃO DE LEITURA DE EVAPORAÇÃO DE UM ATMÔMETRO MODIFICADO**

ANDERSON SOARES PEREIRA<sup>1</sup>; RUBENS DUARTE COELHO<sup>2</sup>; JOSÉ ANTÔNIO FRIZZONE<sup>3</sup>

Escrito para apresentação no  
XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
02 a 06 de Agosto de 2004 - São Pedro - SP

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar um dispositivo para ampliar a precisão de leitura de evaporação de um atmômetro modificado. O dispositivo idealizado foi construído em plástico PVC e possibilitou uma precisão nas medidas de evaporação de 0,16 mm, superior a obtida com o aparelho comercial, com precisão de medida de 1,0 mm. Em um ensaio de campo verificou-se que o atmômetro modificado sem o dispositivo (precisão de medida de 1,0 mm) apresentou medidas precisas de evaporação para períodos médios de tempo iguais ou superiores à 3 dias. Os atmômetros com o dispositivo idealizado apresentaram precisão satisfatória para todos os períodos de tempo (diários e médios de 2, 3 e 4 dias).

**PALAVRAS-CHAVE:** evaporação, atmômetro, dispositivo

## **DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A DEVICE TO AMPLIATE THE ACCURACY OF EVAPORATION MEASUREMENTS OF A MODIFIED ATMOMETER**

**ABSTRACT:** The main purpose of this work is to develop and evaluate a device to amplify the accuracy in evaporation measurements of a modified atmometer. The idealized device was built with PVC plastic and providing 0,16 mm of accuracy in evaporation measurements, superior that obtained with atmometer without the device, with 1,0 mm of accuracy. The results of trial indicated that the modified atmometer without the device have satisfactory readings of evaporation only for average periods equal or higher than 3 days. The atmometers with idealized device showed satisfactory precision in all periods of time (diary scale and average periods of 2, 3 and 4 days).

**KEYWORDS:** evaporation, atmometer, device

**INTRODUÇÃO:** Os atmômetros são instrumentos que medem a evaporação que se processa numa superfície porosa. Suas medidas refletem diretamente as condições ambientais, permitindo medir os efeitos integrados da radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento sobre a evaporação, podendo assim se correlacionar de forma positiva com a evapotranspiração das culturas (PEREIRA, 1996). O atmômetro modificado, idealizado por ALTENHOFEN (1985), consiste basicamente por uma superfície evaporante composta de uma cápsula porosa coberta com uma lona especial de cor verde, ligada a um reservatório onde a evaporação é quantificada através da variação do nível de água. A evaporação do atmômetro modificado é quantificada pela variação do nível de água do reservatório, por intermédio de uma escala graduada em milímetros. PEREIRA & COELHO (1992) verificaram que as medidas de evaporação do atmômetro modificado com uma escala graduada em milímetros não possibilitou uma quantificação precisa da evaporação em escala diária, fato esse confirmado por PEREIRA (1998) que concluiu que a evaporação do atmômetro modificado apresentou uma excelente correlação com a evapotranspiração de referência, medida em um lisímetro de pesagem, para o agrupamento dos dados, em períodos de tempo igual ou superior a três dias, em função do amaciamento das flutuações diárias. Esse trabalho teve como objetivo desenvolver um dispositivo que possibilite a quantificação precisa da evaporação do atmômetro modificado em escala diária

1- Engenheiro Agrônomo; M.Sc.; Dr., Pesquisador, Embrapa Meio Ambiente, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Jaguariúna-SP, (19) 3867-8725, anderson@cnpma.embrapa.br

2- Engenheiro Agrônomo, M.Sc; Dr., Professor Doutor, Depto. Engenharia Rural, ESALQ, USP, Piracicaba-SP

3- Engenheiro Agrônomo, M.Sc; Dr.; Livre-Docente, Professor Titular, Depto. Engenharia Rural, ESALQ, USP, Piracicaba-SP

**MATERIAL E MÉTODOS:** O atmômetro modificado empregado foi o da marca SEEI. Suas características construtivas principais são: Cápsula Porosa: cápsula de Bellani com diâmetro de 65 mm; lona verde: diâmetro de 170 mm, com barbante de nylon para o seu amarrinho sobre a cápsula porosa; Tubo de Sucção: tubo de plástico, com 42 mm de comprimento e 4 mm de diâmetro interno, tendo acoplada uma válvula de retenção de água para evitar o fluxo de água para o interior do reservatório em decorrência de chuvas. A extremidade superior do tubo apresenta uma rolha de borracha para fazer a ligação entre o tubo de sucção e a cápsula porosa; reservatório de água: formato cilíndrico, em PVC, com 75 mm de diâmetro externo, 65 mm de diâmetro interno e altura de 45 cm; tubo de vidro transparente: diâmetro interno de 6 mm, acoplado ao reservatório para a medida do nível de água, que é medida com uma escala graduada em milímetros, colada ao lado do tubo de vidro.

Para aumentar a precisão das leituras de evaporação do atmômetro modificado procurou-se desenvolver um dispositivo simples, de baixo custo, que não alterasse as características construtivas do atmômetro modificado comercializado e que pudesse ser facilmente construída e adotada pelos usuários. Assim, o procedimento adotado para o aumento da precisão na medida de evaporação do atmômetro modificado foi a diminuição da área da seção transversal do reservatório. Para tanto, foi instalado no interior do reservatório um dispositivo que consiste em um tubo de PVC, com 60 mm de diâmetro externo (tubo de PVC predial de Diâmetro Nominal de 2”), fechado em sua extremidade inferior com uma chapa plástica colada, por onde através de um orifício, o tubo de sucção entra em contato com a água. Para que o conjunto não flutuasse no reservatório, ele foi preenchido com uma pequena quantidade de areia fina. Conforme demonstrando por PEREIRA (1996) a instalação do dispositivo descrito possibilitou uma precisão de 0,16mm nas medidas de evaporação do atmômetro modificado, que é superior àquela do aparelho utilizado comercialmente, sem o dispositivo, com 1,0 mm de precisão nas medidas.

Para a avaliação do dispositivo foram utilizados quatro atmômetros modificados da marca SEEI, sendo três aparelhos contendo o dispositivo para ampliação da precisão de leitura e um aparelho sem o dispositivo. Os aparelhos foram instalados no interior do Posto Agrometeorológico do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, no período de junho a dezembro de 1992. As coordenadas geográficas locais são: 22º 42' de latitude sul, 47º 38' de longitude oeste, a 580 metros de altitude. Para verificar a significância da variação entre as medidas de evaporação coletadas nos atmômetros foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, aplicado para a análise de duas amostras independentes, conforme metodologia apresentada por CAMPOS (1983). As análises foram feitas através da combinação entre as medidas diárias dos atmômetros com escala de leitura ampliada e entre essas com o atmômetro com escala de leitura comercial, gerando um total de 6 combinações. Posteriormente foram realizadas comparações entre os valores de evaporação coletados em diferentes períodos de tempo: escala diária e períodos médios de 2, 3 e 4 dias. As comparações realizadas envolveram correlações lineares entre a evaporação média obtida com os aparelhos de escala de leitura ampliada (ATMEA) versus a evaporação do aparelho com escala de leitura comercial (ATMEC), através do seguinte modelo:

$$ATMEA = b \cdot ATMEC \quad (1)$$

em que b é o coeficiente angular de ajuste.

Para verificar os ajustes das regressões lineares o coeficiente de correlação ( $r^2$ ) e o teste de concordância de Willmott (1981).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1 são apresentados os contrastes realizados entre as medidas dos atmômetros modificados com escala de leitura ampliada (ATMEA) e do atmômetro modificado com escala de leitura comercial (ATMEC), para a aplicação do teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov, do valor da máxima divergência (D) e a significância dos contrastes.

Verifica-se que os contrastes entre os atmômetros com escala de leitura ampliada (ATMEA) não foram significativos, ou seja, foram estatisticamente iguais. De maneira oposta, os contrastes envolvendo os atmômetros modificados com escala de leitura ampliada (ATMEA) em relação ao atmômetro com escala de leitura comercial (ATMEC) foram significativos, comprovando o efeito do tratamento da ampliação da escala nas medidas de evaporação dos aparelhos.

Como os três atmômetros com escala de leitura ampliada não apresentaram diferença significativa nos valores de evaporação medidos, trabalhou-se nas demais análises com o valor médio da evaporação obtida entre os três aparelhos. A Tabela 2 apresenta os parâmetros estatísticos referentes aos ajustes do modelo linear entre os valores de evaporação do atmômetro modificado com escala de leitura ampliada e a evaporação do atmômetro modificado com escala de leitura comercial.

Observa-se um aumento gradual do coeficiente angular de ajuste "b", se aproximando do valor 1 (valor que indica perfeita relação entre as leituras dos aparelhos) como também o aumento dos valores dos coeficientes de correlação ( $r^2$ ) e de Willmott (d). Isso se deve ao fato que conforme o período médio, menor é o efeito da ampliação da escala de leitura sobre a evaporação medida entre os aparelhos. Para o período de um dia não há correlação satisfatória, para o período de dois dias a correlação aumenta, porém ainda temos uma relativa dispersão. No período médio de três dias tem-se uma boa correlação entre as medidas, evidenciado pelo alto valor, como também do valor do coeficiente de ajuste "b", com valor igual a 0,92. Para o período de quatro dias a correlação é ainda mais consistente. Portanto, a evaporação medida no atmômetro modificado com escala de leitura comercial apresenta precisão equivalente ao atmômetro modificado com escala de leitura ampliada para períodos maiores ou iguais à três dias, ou seja, o efeito da ampliação da escala de leitura do atmômetro modificado é significativo para períodos de tempo de 1 e 2 dias.

O dispositivo desenvolvido já foi utilizado em projetos de pesquisa apresentado bons resultados, possibilitando o emprego da evaporação do atmômetro modificado em escala diária em estudos sobre a utilização do aparelho na estimativa da evapotranspiração potencial e da evaporação do tanque classe "A" por PEREIRA (1996) e em estudos sobre consumo de água pela cultura do crisântemo envasado sob condições de estufa desenvolvido por FURLAN (1996).

Tabela 1 - Contrastes entre os 3 atmômetros modificados com escala de leitura ampliada (ATMEA) e com o atmômetro modificado com escala de leitura comercial (ATMEC), valor da máxima divergência (D) e significância do teste de Kolmogorov-Smirnov

CONTRASTES	VALOR "D"	SIGNIFICÂNCIA (5 % de probabilidade)
ATMEA-1 x ATMEA-2	0,070	não significativo
ATMEA-1 x ATMEA-3	0,054	não significativo
ATMEA-1 x ATMEC	0,219	significativo
ATMEA-2 x ATMEA-3	0,063	não significativo
ATMEA-2 x ATMEC	0,227	significativo
ATMEA-3 x ATMEC	0,227	significativo

Tabela 2 – Número de dados (n), coeficiente angular de ajuste (b), coeficiente de correlação ( $r^2$ ) e índice de concordância de Willmott (d) para as correlações ATMEA x ATMEC para diferentes períodos médios de tempo

PERÍODO MÉDIO (DIAS)	n	COEFICIENTE (b)	$r^2$	d
1	33	0,91	0,59	0,90
2	20	0,88	0,79	0,90
3	12	0,92	0,94	0,98
4	9	0,97	0,91	0,97

**CONCLUSÕES:** Considerando-se os resultados obtidos pode-se concluir que:

- 1) O dispositivo desenvolvido para ampliar a precisão de leituras de evaporação do atmômetro modificado da marca SEEI apresentou excelente desempenho e possibilitou a quantificação precisa da evaporação para períodos diários e médios de 2 dias;
- 2) Para períodos médios de tempo de 3 e 4 dias a utilização do dispositivo não apresentou efeito significativo na melhoria da precisão das medidas de evaporação.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

ALTENHOFEN, J. A modified atmometer for on-farm evapotranspiration determination. In: Conference on Advances in Evapotranspiration. Chicago, Illinois, 1985, Proceedings, Chicago, ASAE, 1985, p. 177-184.

CAMPOS, H. Estatística experimental não paramétrica, 4a. ed., Piracicaba, ESALQ/USP, 1983, 349 p.

FURLAN, R.A. Consumo de água pela cultura do crisântemo envasado, cultivar puritan, sob condições de estufa. Piracicaba, 1996. 65p. Dissertação(Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

PEREIRA, A.S.; COELHO,R.D. Determinação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) através de atmômetros modificados em condições tropicais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 21. Santa Maria. 1992. Anais. Santa Maria, 1992 p.637-647.

PEREIRA, A. S. Avaliação do desempenho de um atmômetro modificado na estimativa da evapotranspiração potencial. Piracicaba, 1996. 90p. Dissertação(Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

PEREIRA, F.A.C. Desempenho do modelo de Penman-Monteith e de dois evaporímetros na estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em relação a um lisímetro de pesagem. Piracicaba, 1998. 97p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. Physical geography, v. 2, n. 2, 1981, p.184-94.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, pelo apoio concedido para a realização deste trabalho e à Empresa SEEI – Serviços Especializados em Engenharia de Irrigação, São Paulo, SP, pela concessão dos atmômetros modificados.