

# COMPARAÇÃO DE MEDIDAS DE EVAPORAÇÃO DO TANQUE CLASSE A COM PARAFUSO MICROMÉTRICO E COM SISTEMA AUTOMÁTICO

Fabio SCHWINGEL<sup>1</sup>, Luiz Roberto ANGELOCCI<sup>2</sup> & Paulo Cesar SENTELHAS<sup>3</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

As medidas da evaporação de tanques têm enorme aplicação em agrometeorologia, hidrologia e irrigação. O tanque Classe A é um dos mais difundidos no ocidente, tendo sido praticamente adotado como referência pela OMM.

Apesar de sua grande aceitação, como todo tanque evaporimétrico, ele apresenta fontes de erro de medidas, como as decorrentes das leituras pelo observador (quando não automatizadas) e da ação de animais que se servem da água do tanque. Outro problema é a representatividade da medida, pois as paredes expostas à carga radiante e aos ventos, podem causar uma certa variabilidade das medidas entre os tanques em um local.

A leitura manual pode representar um problema no sentido de que não permite a aquisição automática dos dados e origina falhas na série de medidas. Para superar tal problema, foram desenvolvidos sensores automáticos de medidas, como o que usa um transdutor diferencial variável linear-LVTD, ligado a uma bóia (Phene e Campbell, 1975), que sofreu adaptações posteriores para aumentar o tempo de operação e a resolução das medidas (Bloemen, 1978, Van Haveren, 1982). Ambrus et al. (1981) e Chow (1994) desenvolveram sistemas eletrônicos mais complexos, que permitem a medida automática simultânea tanto da evaporação quanto da chuva.

Amorim Neto (1981) desenvolveu um sensor mecânico cujo princípio é a medida através da leitura de um tanque complementar acoplado a um sistema com válvula e bóia, que permite realimentação e nível constante do tanque classe A, podendo ser acoplado a um registrador mecânico, sendo que Villa Nova e Sentelhas (1999) modificaram o sistema ao eliminar a válvula de bóia, permitindo a monitoração simultânea da evaporação e da precipitação.

Na rotina da estação agrometeorológica do campus "Luiz de Queiroz" da USP em Piracicaba (lat. 22°42'S; long. 47°38'W, alt. 540 m) foram eliminadas as observações manuais nos fins de semana e feriados, tendo em vista a entrada em operação desde 1995 de uma estação automática, mas foram mantidas medidas com sensores mecânicos nos outros dias da semana. Em 1999 foram instalados sensores automáticos para observação da evaporação de três tanques Classe A, com o objetivo de se ter repetições e aumentar a confiabilidade das medidas. Neste trabalho, faz-se uma comparação entre as medidas manuais e automáticas realizadas de julho/99 a dezembro/00.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os três tanques Classe A foram instalados sobre gramado, sendo a leitura manual realizada pelo uso de parafuso micrométrico em poço tranquilizador as 7:00 horas de segunda à sexta-feira, salvo feriados.

As medidas automáticas foram feitas continuamente com sistema marca Novalinx Systems, instalado fora do tanque classe A e conectado hidráulicamente a este por princípio de vaso comunicante, através de um tubo de borracha opaca. O sensor é constituído basicamente de uma bóia em um pequeno recipiente, sendo que a variação do nível de água é acompanhado pela bóia, cujo movimento é transferido por uma corrente metálica até uma coroa dentada, que aciona e altera um resistor potenciométrico. Os dados do sensor automático foram registrados em sistema de aquisição de dados Campbell mod. CR-10, com frequência de medida a cada 10s e médias calculadas e registradas a cada 15 min. Antes da instalação foram realizados procedimentos de calibração indicados pelo fabricante dos sensores.

Os tanques foram limpos e tiveram o nível de água ajustado uma vez por semana. A estação meteorológica tem cerca tipo alambrado de malha pequena e altura de 2,0 metros, bem conservada no sentido de minimizar a penetração de animais de grande e médio porte.

Os dados analisados foram obtidos entre 13/07/99 e 20/12/00. Para as observações manuais, foram 218 dias de medida, enquanto que nas automáticas, descontando-se os dias de lavagem e mais 26 dias em que foram suspensas as medidas por problemas no sistema de aquisição de dados, foram aproveitados 419 dias.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma primeira comparação foi feita pelo coeficiente de variação (100.desvio padrão/média) das três repetições (Tabela 1).

**Tabela 1** - Porcentagem de dias em cada intervalo de classe de coeficiente de variação, das medidas manuais (M) e automáticas (A) de evaporação do tanque Classe A em Piracicaba, SP

	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)					
	0-5,0	5,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	20,1-30,0	≥30,1
<b>M</b>	52,8	26,6	6,9	6,9	4,1	2,7
<b>A</b>	41,4	30,5	8,6	4,8	4,5	10,5

A automatização apresentou a vantagem de aumentar o número de dias com disponibilidade de observações, mas as medidas manuais apresentaram em 79,4% dos dias um coeficiente de variação baixo (CV=10%), contra 71,5% das medidas automáticas, sendo que considerou-se esse limite de CV (10%) como um indicador de medidas de muito boa qualidade. O aumento do valor de CV acima desse limite pode estar ligado à variabilidade intrínseca das medidas nos três tanques, aos problemas dos procedimentos e condições de medida, incluindo erro do observador, e outros como consumo de água por animais, etc.

Na tentativa de separar as causas do aumento de CV, foi possível identificar que, nos intervalos de classe de CV considerados como médios (10,1 a 20,0%), em cerca de 1/3 dos dias nas medidas manuais, esse aumento de CV ocorreu em dias com precipitação, nos quais os valores de ECA foram corrigidos com a altura de chuva medida em pluviômetro da estação meteorológica, podendo essa ser uma causa do aumento da variação. Em cerca de 10%

<sup>1</sup> Aluno do último semestre de graduação em Engenharia Agrônoma, E. S. A. "Luiz de Queiroz" - USP. Bolsista de Iniciação científica da FAPESP

<sup>2</sup> Prof. Associado, Depto. de Ciências Exatas, ESALQ/USP. Pesquisador do CNPq. E-mail: lrangelo@carpa.ciagri.usp.br

<sup>3</sup> Prof. Dr., Depto. de Ciências Exatas, ESALQ/USP



desses dias, ocorreram baixos valores de ECA, de modo que, mesmo com essa gama de valores de CV, não ocorreu variação absoluta necessariamente grande das repetições. Nos outros dias em que ocorreu essa gama de variação de CV (pouco mais da metade dos dias) não houve possibilidade de se identificar claramente as causas, intrínsecas ou não, do aumento de CV. No caso de valores de CV maiores que 20% (15 dias, 6,8% do total), nas medidas manuais houve indício de erro do observador em 3 dias em uma das repetições, em 9 dias ocorreu chuva e correção da medida com o dado de pluviômetro e em 3 dias não houve elementos para identificar a fonte de variação.

No caso das medidas automáticas, a diminuição da porcentagem de dias com CV = 10% foi causada pelo aumento daquelas em que a variação foi alta, principalmente com CV > 30%. Analisando os dados, foi possível identificar que dos 63 dias (15% do total) de medidas com CV = 20,1%, em 13 (3,1% do total) a evaporação foi inferior a 1,5 mm.d<sup>-1</sup>, de modo que o aumento de CV não corresponde necessariamente a um erro absoluto importante para certas aplicações práticas. Em 38 dias (9,1% do total) houve evidências de que o mecanismo de registro de um dos tanques (não necessariamente sempre o mesmo) apresentou problemas e a evaporação do tanque afetado mostrou valor anormalmente baixo em um dos dias e, em parte das vezes, alto no dia seguinte. A falha normalmente relaciona-se ao sistema de bóia e do sistema transmissor de movimento.

Outra forma de testar o desempenho do sistema automático foi comparar as medidas nos dias em que CV < 10% nas manuais, pois assim estas se tornam medidas de referência, por estarem minimizados nelas os efeitos de fatores extrínsecos ao tanque. A Figura 1 mostra os resultados da comparação das medidas pelas duas técnicas em cada tanque. O sensor automático permitiu boa exatidão (coeficiente angular *b* da reta próximo de 1), com precisão (indicada por R<sup>2</sup>) algo prejudicada pelas quatro medidas em que ele indicou valor bem abaixo da manual. Caso essas quatro medidas não tivessem apresentado problemas, os valores do coeficiente *b* e de R<sup>2</sup> aumentariam (exemplo: se eliminados os quatro pontos, *b* seria 0,96 e R<sup>2</sup> = 0,93). Os pontos de alto valor (10 a 13 mm, na verdade são três pontos, mas duas das repetições foram tão próximas que ficaram representadas por um) podem causar estranheza, mas ocorreram em dia de alta demanda atmosférica e com chuva (isso pode ter aumentado um pouco o erro), e foram concordantes nas três repetições e duas técnicas.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados mostram a importância das repetições nas observações da ECA, independente da forma (manual ou automática) de medida, pois mesmo no caso das

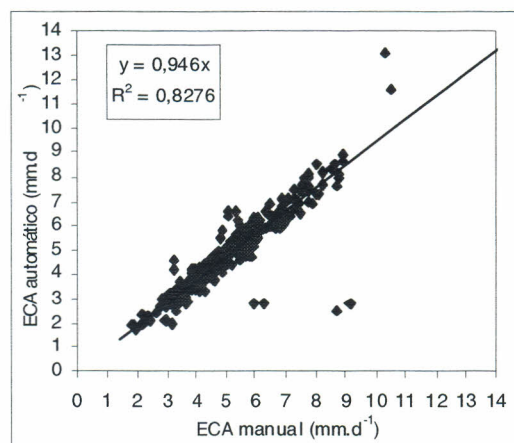


Figura 1 - Relação entre medidas automáticas e manuais de evaporação do tanque Classe A, quando o CV das manuais é igual ou inferior a 10%

manuais, em que a precisão mostrou-se melhor, em cerca de 20% dos dias ocorreram valores médios ou elevados de CV, indicando que fontes intrínsecas e/ou extrínsecas ao tanque foram importantes fontes de erro. As medidas automáticas apresentaram boa relação com as manuais, mas são necessários cuidados com os erros introduzido por falhas dos sensores caso se queira aumentar a precisão, o que justifica também a importância das repetições de medidas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBRUS, L.; ANTAL, E., KARSAL, H.A. New electronic evaporation and rain measuring equipment. **Agricultural Meteorology**, 25:35-43. 1981.
- AMORIM NETO, M.S. Análise preliminar do desempenho de um sistema de medidas de evaporação para um tanque classe A. ESALQ-USP, Piracicaba, 75 p. Dissert. de mestrado, 1981.
- BLOEMEN, G.W. A high-accuracy recording pan-evaporimeter and some of its possibilities. **Journal of Hydrology**, 39: 159-173. 1978.
- CHOW, T.L. Design and performance of a fully automated evaporation pan. **Agricultural and Forest Meteorology**, 68:187-200. 1994.
- PHENE, C.J.; CAMPBELL, R.B. Automating pan-evaporation measurements for irrigation control. **Agricultural Meteorology**, 15:181-191. 1975.
- VAN HANEREN, B.P. Na automated recording system for evaporation pans. **Water Resources Bulletin**. 18:533-536. 1982
- VILLA NOVA, N. A.; SENTELHAS, P.C. Evapopluviômetro: novo sistema de medida da evaporação do tanque classe A. XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Florianópolis, SC, julho 1999, CD-ROM, 1292-1298, 1999.