

Doa  
0284

ANÁLISE PRELIMINAR DO DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE MEDIDAS DE  
EVAPORAÇÃO PARA O TANQUE CLASSE A<sup>1</sup>

M. da S. Amorim Neto<sup>2</sup> e N. A. VILLA NOVA<sup>3</sup>

RESUMO - O presente trabalho diz respeito, ao projeto, construção e análise de desempenho de um novo sistema de medida evaporimétrica, que é acoplado a um tanque classe "A" padrão convencional dando-se ao sistema o nome de "Tanque Classe A Modificado". A viabilidade do sistema foi testada contra medidas simultâneas com o sistema clássico (tanque classe "A" padrão e micrômetro) revelando, através de testes estatísticos, que o Tanque Classe A Modificado pode substituir com vantagens o sistema clássico, minimizando os erros de leitura que são cometidos, mesmo quando se dispõe de pessoal qualificado para esta operação, permitindo também a realização de medidas evaporimétricas com boa aproximação em dias de chuva.

Análise preliminar do

~~FL-04814~~



31855-1

<sup>1</sup>Parte do trabalho de tese do primeiro autor, apresentado a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agrometeorologia.

<sup>2</sup>Meteorologista, M. Sc., Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) - EMBRAPA, BR 428, Km 152, Caixa Postal 23, CEP 56.300 - Petrolina-PE.

<sup>3</sup>Eng.º Agr.º, Dr., Prof. Adjunto do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Caixa Postal 09, CEP 13.400 - Piracicaba - SP.

ABSTRACT - The present work deals with design, construction and performance analysis of a new system for evaporimetric measurements, which is coupled to a standard class A evaporation pan, and which was called "Modified Class A Pan". The viability of the system was checked against simultaneous measurements taken with the conventional system (standard class A pan plus micrometer depth gauge), indicating, from statistical tests, that it can be made even by qualified staff, and making it possible to carry out evaporimetric measurements with good approximation on rainy days.

### INTRODUÇÃO

O conhecimento da demanda de água das diferentes culturas, é de grande importância na condução racional de um projeto de irrigação, para determinação da quantidade e frequência de aplicação de água. Esta demanda é sempre referida ao valor padrão, denominado de "evapotranspiração potencial". Para determinação da evapotranspiração, diferentes métodos são sugeridos (pelo menos mais do que trinta são conhecidos), sendo poucos aqueles cuja aplicação é possível, seja por requererem conhecimento de parâmetros climáticos locais não disponíveis, ou seja pela complexidade de utilização. Através de estudos conduzidos pela FAO (1979) como resultado condensado de inúmeros trabalhos de pesquisa, a mesma organização preconiza, entre outros, o uso do Tanque Classe A para a estimativa da evapotranspiração potencial. Na utilização prática deste evaporímetro nas condições usuais de trabalho, quase sempre são detectados erros operacionais, devido à relativa complexidade de leitura e manuseio.

No presente trabalho procura-se simplificar o sistema de medida de evaporação do Tanque Classe A, através de modificações introduzidas no sistema padrão sem perda da precisão devida, com a finalidade de

minimizar os erros operacionais que se observam com muita frequência na prática rotineira, como os de leitura do micrômetro, perdas de dados em dias de chuva, erros cometidos no reabastecimento e transporte de dados.

## REVISÃO DE LITERATURA

Inúmeras são as pesquisas que relatam a utilização do tanque classe A em estimativas de evaporação e evapotranspiração.

ASSIS E VIEIRA (1981), estudando estimativas de evaporação do tanque Classe A para períodos de 1, 3, 5 e 7 dias, através de um modelo empírico envolvendo déficit de saturação do ar, observaram que a evaporação apresenta correlação com o déficit de saturação à temperatura média e máxima do ar, superior a 80%, com um erro de estimativa para temperatura média inferior a 1mm/dia e para temperatura máxima superior a 1mm/dia.

A exposição de um tanque influi consideravelmente nos resultados obtidos, LOMAS e SCHLESINGER (1970), estudando a influência de obstáculos sobre o tanque, constataram que a colocação de quebra-ventos, em dois locais e épocas diferentes, influem na evaporação do tanque nas seguintes proporções: para Miretahim no verão e diferença entre o tanque com proteção a 5cm e outro sem proteção foi 10%, já Eilat no inverno a diferença foi de 1%. HANSON e RANZI (1977) verificaram que uma simples cerca de arbustos nas proximidades diminui de cerca de 14% a evaporação.

As vezes é necessária a cobertura do tanque com tela de arame para prevenir-se a utilização da água por animais. O simples fato de se colocar uma tela protetora de arame, segundo KALMA e STANHILL (1969), reduziu a evaporação em 11% com relação ao tanque sem tela. CAMPBELL e PHENE (1976), colocando uma tela de 5 cm de malha observaram uma redução de 13% de evaporação. Também pesquisadores da FAO (1976)

verificaram que tanques coberto com tela de arame reduzem a evaporação em 10%. Silva et alii (1981), estudando a influência de proteções sobre o tanque, observaram que a evaporação diminuía em 14,5% quando coberto com uma tela e 13,3% com uma cerca de tela de malha de 1,5 x 2,0 cm. Já a evaporação em tanques, enterrados e cobertos foi reduzida em 31%.

O estado de umidade do solo adjacente também influi nos resultados. DALE e SCHEERINGA (1977) determinaram que, para cada 10% de variação de umidade do solo adjacente há um aumento de 0,2 mm/dia na evaporação.

É muito frequente, por questões de conservação, a pintura das paredes e do fundo dos tanques. WARTENA e BORGHORST (1960), estudando o balanço de energia sobre o tanque, verificaram que o fundo em chapa galvanizada simples reflete em média 8% da radiação de ondas curtas absorvida, e que a modificação deste albedo pode ocasionar erros de medida.

OLIVEIRA (1971), estudando o comportamento do tanque Classe A para região de Piracicaba, SP, em diferentes condições de exposição, determinou um fator médio anual de 0,72 para conversão da evaporação do tanque em evaporação de superfície livre d'água.

Procurando minimizar os "erros do operador", que ocorrem com o uso do micrômetro de gancho na medida da evaporação do tanque, ALBERIO (1979) substituiu o sistema convencional por um sistema acoplado ao tanque que constitui-se de um tanque abastecedor com uma régua milimetrada para medidas e um conjunto de sifões que fornece a referência de nível, obtendo com estas modificações para dados diários e médias de cinco dias, os seguintes coeficientes de correlação, respectivamente, 0,9792 e 0,9935. Assis (1978), substituindo o micrômetro por uma escala graduada e mantendo o tanque sempre o nível constante, encontrou correlações significativas com o sistema convencional.

Grande é o número de pesquisadores que estudam as relações entre a evapotranspiração potencial, necessidade de água de culturas e a evaporação do tanque Classe A.

FUCHS et alii (1964), comparando em cultura de algodão, a perda d'água calculada por processo gravimétrico e aquela estimada pelo método do tanque Classe A, constataram que ambos os métodos fornecem resultados similares. Todavia, os equipamentos e trabalhos necessários foram dez vezes maiores pela gravimetria.

Pesquisadores da EMBRAPA (1978), correlacionando evaporação do tanque Classe A com evapotranspiração do feijão, observaram que o tanque tem se mostrado como um bom indicador do consumo de água pela cultura.

FUCHS e STANHILL (1963), pesquisando a utilização de evaporação do tanque Classe A para estimar a irrigação necessária à cultura do algodão, durante dois anos em 15 locais, cobrindo uma larga variação de climas, solos e condições de planta, confirmaram a existência de um alto grau de correlação entre a evapotranspiração de campos irrigados e a evaporação do tanque.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento em questão foi conduzido nas dependências do campo experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Piracicaba, SP.

Entende-se por conjunto evaporimétrico modificado um sistema de medida de evaporação (Fig. A), constituído de um tanque Classe A padrão (A), um tanque intermediário (I), e um tanque medidor (M), cujas características construtivas são as seguintes:

- a) Tanque Classe A padrão.

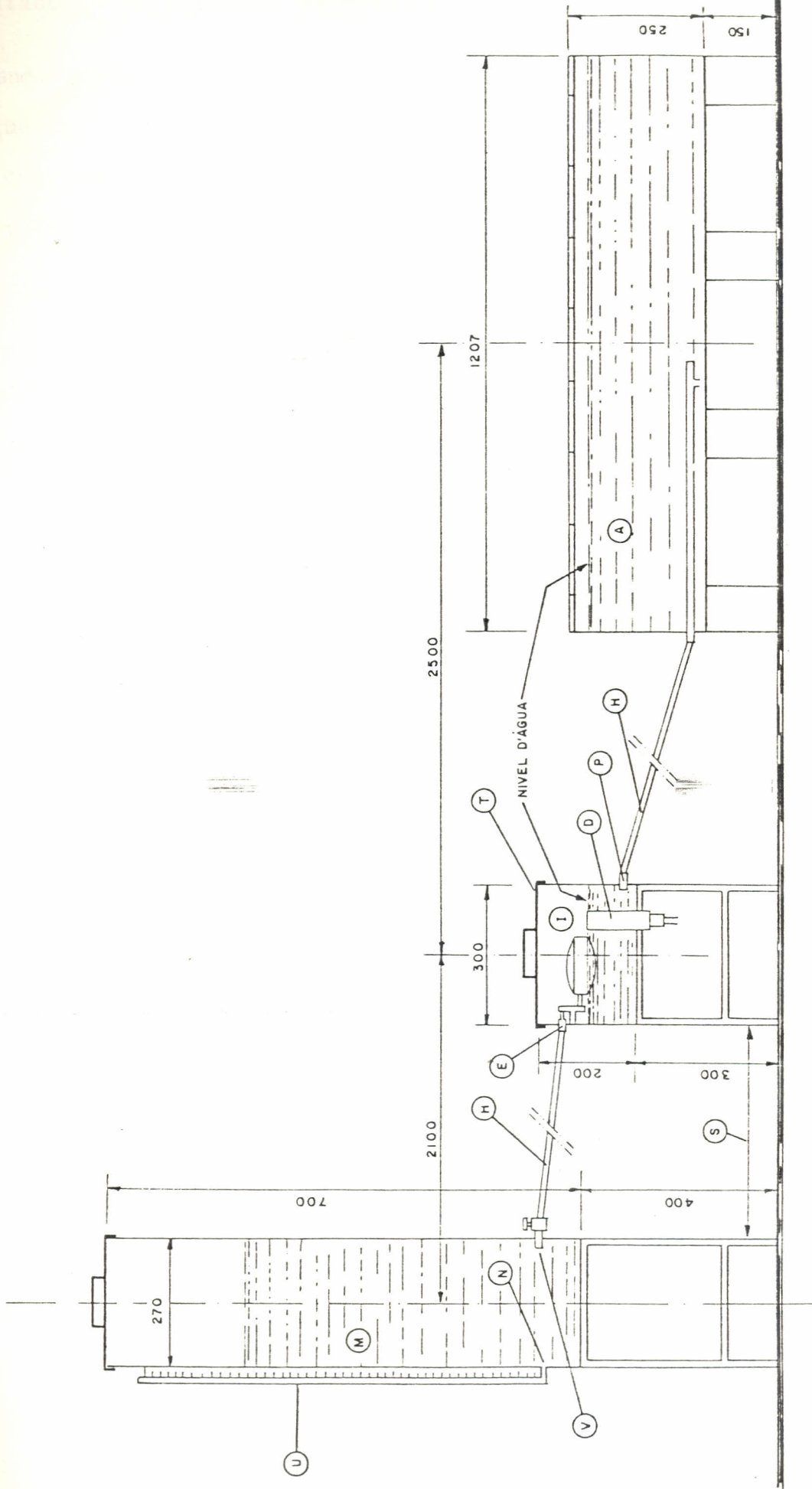


FIG. A

Tanque de chapa galvanizada nº 22, diâmetro 120,7 cm e altura 25 cm, montado sobre suportes de madeira a 15 cm do solo.

b) Tanque Intermediário

Tanque cilíndrico, chapa galvanizada 22, diâmetro 30 cm, altura 20 cm, com Tampa (T) e suportes (S) de ferro, tripé de ferro chato 1 x 1/4, altura 30 cm, com três saídas (FIG. B).

c) Tanque Medidor

Cilíndrico diâmetro 27 cm, altura 70 cm, chapa galvanizada 22 com tampa removível. Possui uma tomada para tubo de nível de 1 cm de diâmetro (N) e uma saída d'água (V), diâmetro 1cm, para o tanque intermediário. Um suporte (S) de ferro chato de 1"x40cm (tripé) mantém o tanque na altura de trabalho (Fig. A). Uma escala graduada em mm de evaporação (U) foi fixada ao longo do tubo de nível.

Para colocar em marcha operacional, o conjunto evaporimétrico modificado passou pela seguinte série de operações.

a) Montagem e ajuste

Os tanques dispostos de acordo com a Figura A, passaram pelas seguintes etapas de ajuste:

- 1- Nivelamento do tanque Classe A realizado com régua e nível comum.
- 2- Determinação do nível de equilíbrio do tanque intermediário. Esta operação foi realizada introduzindo-se água pela tubulação (E) com saída P fechada, até cessar a admissão de água. Marcou-se então este nível com lápis na parte externa do tanque intermediário.
- 3- Regulagem da altura de trabalho do tanque intermediário: Esta altura foi obtida ajustando-se o suporte (com batidas e penetração no solo) até que o nível marcado na parte externa do tanque intermediário (I) estivesse na altura correspondente a 6 cm abaixo da parte superior do Tanque Classe A. Assim procedendo, condicionou-se o nível d'água no Tanque Classe A, sempre aproximadamente a 6 cm da borda,

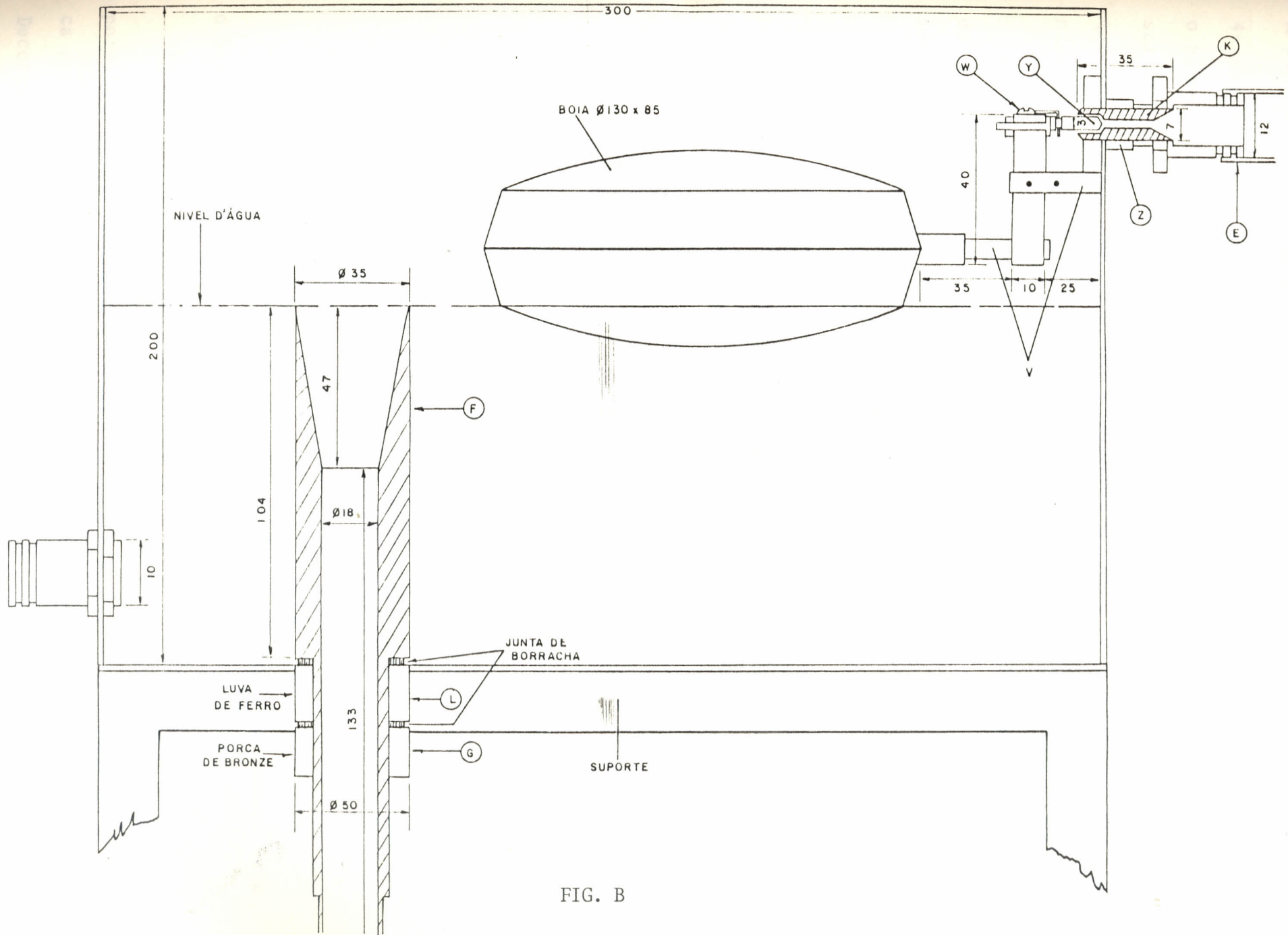


FIG. B



que é o nível médio entre 5 e 7 cm permissíveis para o Tanque Classe A padrão.

4- Regulagem do dreno do tanque intermediário: Uma vez determinado o nível d'água dentro do tanque intermediário (nível de trabalho), soltando-se a porca de fixação G, rosqueou-se o tubo de dreno até que sua extremidade superior estivesse a cerca de 0,1 mm acima do nível d'água.

Em seguida avaliou-se preliminarmente as condições de desempenho do conjunto evaporimétrico modificado, procedendo-se aos seguintes testes.

a) Aferição da escala de medida

Para verificação de possíveis erros construtivos, procedeu-se um teste da escala de medida que depende dos diâmetros dos tanques da seguinte maneira. Sendo,

$V_1$  = volume de água evaporada no tanque classe A;

$\Delta h_1$  = altura de água evaporada no tanque Classe A;

$S_1$  = superfície do tanque Classe A;

$V_2$  = volume escoado do tanque intermediário para manter o nível constante;

$V_3$  = volume escoado do tanque medidor para manter o nível constante;

$\Delta h_3$  = altura de água escoado do tanque medidor;

$S_3$  = superfície do tanque medidor (M).

Todas as vezes que ocorrer a evaporação V teremos, de acordo com o balanço de água:

$$V_1 = V_2 = V_3 = V$$

pois, os tanque medidor e intermediário são vedados, portanto, a única perda admissível, seria aquela por evaporação no tanque Classe A.

Decorre que,

$$V_1 = V_3,$$

ou, ainda,

$$\Delta h_1 S_1 = h_3 S_3$$

e também

$$\Delta h_3 = \Delta h_1 \cdot \frac{S_1}{S_3}.$$

A altura de água que escoar do tanque medidor ( $\Delta h_3$ ) será então  $S_1/S_3$  vezes maior do que a altura de água evaporada.

O teste de escala consistiu então de retirar-se repetidos volumes do tanque A, medindo-se a variação de altura decorrente ( $\Delta h_1$ ) e colocar-se estes mesmos volumes no tanque medidor, medindo também a variação de altura ocorrida ( $\Delta h_3$ ). A relação média entre área dos tanques ( $\bar{S}_1/\bar{S}_3$ ) ficou expressa por:

$$\frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_3} = \frac{\Delta h_3}{\Delta h_1} = \frac{1}{n} \frac{\Delta_1}{\Delta_2}$$

onde  $n$  é o número de repetições.

b) Estimativa da Variação da Altura de Equilíbrio Devido à Dilatação Volumétrica da Água.

Desde que a altura de equilíbrio das colunas d'água nos tanques deve variar em função da temperatura, estimou-se uma provável variação de altura de equilíbrio ( $\Delta h$ ) pelas seguintes relações. Sendo:

$h_1$  e  $h_2$  as alturas de equilíbrio, as temperaturas da água,  $t_1$  e  $t_2$ ;

$V_1$  e  $V_2$  os volumes correspondentes de uma massa d'água a estas temperaturas;

teremos uma variação de volume correspondente,

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_2 - V_1 = V_0 \{1 + \alpha(t_2 - t_0)\} - V_0 \{1 + \alpha(t_1 - t_0)\} \\ &= V_0 \alpha(t_2 - t_1),\end{aligned}$$

Sendo  $t_0$  a temperatura de referência, e  $\alpha$ , coeficiente de dilatação volumétrica da água.

Assim sendo, a variação total de altura de equilíbrio entre  $t_2$  e  $t_1$  será:

$$\Delta h = \frac{\Delta V}{S_1} = \frac{V_0 \alpha(t_2 - t_1)}{S_1} = \frac{h_0 S_1}{S_1} \alpha(t_2 - t_1),$$

ou ainda:

$$\Delta h = h_0 \alpha(t_2 - t_1),$$

expressão que nos permite estimar a amplitude de variação da altura de equilíbrio  $h$ , em função das temperaturas extremas  $t_2$  e  $t_1$ , observadas em um período, e da altura total da água no tanque Classe A, considerada como  $h_0$ , desde que o intervalo de temperaturas consideradas,  $\alpha$  pode ser tomado como constante.

Finalmente realizou-se a análise do desempenho do tanque Classe A Modificado com relação ao Tanque Classe A padrão, considerando - se duas situações:

a) Em dias sem chuva .

Para verificar-se se as evaporações observadas nos tanques modificados 1 e 2 ( $E_1$  e  $E_2$ ) não diferiam entre si, e se sua média ( $\bar{E}_{12} = \frac{E_1 + E_2}{2}$ ) não diferia daquela observada no tanque padrão ( $E_p$ ), procederam-se às seguintes análises estatísticas.

Tomando-se por base os dados diários dos meses de março, abril, maio, junho e julho de 1980 e os dados globais deste período, realizaram-se os seguintes confrontos para dados pareados, utilizando - se o teste t.

a)  $E_1$  versus  $E_2$  (para valores diários e globais).

b)  $\bar{E}_{12}$  versus  $E_p$  (para valores diários e globais).

c)  $E'_1$  versus  $E'_2$  (para valores acumulados de três dias).

d)  $\bar{E}'_1$  versus  $E'_p$  (para valores acumulados de três dias).

b) Em dias com chuva

Para os fins de chuva, nos quais os dados de  $E_1$  e  $E_2$  discrepavam daqueles obtidos de  $E_p$ , corrigiram-se os valores de  $E_p$  através de um simples balanço hídrico (casos nos quais o tanque padrão não chegará a transbordar), ou seja,  $E_p = L_1 + P - L_2$  onde:

$E_p$  = evaporação corrigida do tanque padrão;

$L_1$  = leitura micrométrica do dia anterior;

$L_2$  = leitura micrométrica do dia posterior;

P = precipitação medida no pluviômetro.

Os valores de  $E_p$  assim corrigidos, foram comparados com  $E_1$  e  $E_2$ , com a finalidade de verificar a viabilidade desta correção.

## RESULTADOS

a) Relativos aos Testes Preliminares de Desempenho dos Tanques Classe A Modificados.

1) Aferição da escala de medida

No Quadro I do Apêndice, são demonstrados os valores simultâneos  $\Delta h_3 / h_1$  obtidos pela metodologia exposta, assim como o valor médio do valor de  $S_1 / S_3$ , para cada conjunto evaporimétrico modificado, que nos demonstraram a relação média construtiva obtida entre as seções dos tanques medidores e os tanques evaporimétricos Classe A.

2- Estimativa da variação da altura de equilíbrio devido à dilatação volumétrica da água.

De acordo com o exposto no método, a provável amplitude de variação da altura de equilíbrio  $\Delta h$ , sendo expressa por

$$\Delta h = h_0 \alpha (t_2 - t_1).$$

admitindo que, durante um período qualquer a temperatura da água do tanque varia de  $(t_2 - t_1)$ , sendo  $\alpha = 0,207 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , e  $h_0$  aproximadamente 225 mm, obter-se-ão as seguintes variações da altura de equilíbrio da água no tanque intermediário ( $\Delta h$ ):

$\Delta h$	$t_2 - t_1$
0,5 mm	10 $^\circ\text{C}$
0,7 mm	15 $^\circ\text{C}$
0,9 mm	20 $^\circ\text{C}$

b) Relativos ao Desempenho dos Conjuntos Evaporimétricos Modificados.

#### 1- Evaporação em dias sem chuva

No Quadro II do Apêndice são relatados os valores diários simultâneos de evaporação medida pelos conjuntos evaporimétricos modificados ( $E_1$  e  $E_2$ ) e aqueles obtidos pelo tanque padrão  $E_p$ . Relativos a estes dados procederam-se às seguintes análises:

a) Confronto entre os dados observados de  $E_1$  e  $E_2$  com a finalidade de verificar se  $E_1$  difere estatisticamente de  $E_2$  na escala diária, considerando-se os meses em separado e o período global. O teste aplicado revelou os seguintes resultados.

Quadro A - Confronto de  $E_1$  e  $E_2$ .

MESES	t	$\bar{d}$	INTERVALO DE CONFIANÇA (95%)		MÉDIAS	
			LI	LS	$\bar{E}_1$	$\bar{E}_2$
Março	-0,36	-0,11	-0,73	0,51	5,92	5,81
Abril	0,67	0,08	-0,16	0,32	3,89	3,97
Mai	-0,10	-0,02	-0,36	0,32	3,17	3,15
Junho	2,66*	0,32	0,08	0,56	2,17	2,49
Julho	0,79	0,16	-0,24	0,56	3,00	3,16
Global	0,10	1,34	-0,06	0,26	3,30	3,40

$\bar{d}$  = média das diferenças  $E_2 - E_1$ .

LI = limite inferior do intervalo de confiança.

LS = limite superior do intervalo de confiança.

b) Confronto entre os dados observados de  $\bar{E}_{12}$  e  $E_p$  com a finalidade de verificar se  $\bar{E}_{12}$  difere estatisticamente de  $E_p$  na escala diária, considerando-se os meses em separado e o período global. O teste t aplicado revelou os seguintes resultados:

Quadro B - Confronto de  $\bar{E}_{12}$  e  $E_p$ .

MESES	$\bar{t}$	$\bar{d}$	INTERVALO DE CONFIANÇA (95%)		MÉDIAS	
			LI	LS	$\bar{E}_2$	$\bar{E}_1$
Março	1,64	0,30	-0,06	0,66	5,86	5,56
Abril	-0,29	-0,03	-0,23	0,17	3,96	3,99
Mai	1,54	0,14	-0,04	0,32	3,17	3,02
Junho	-0,07	-0,01	-0,21	0,19	2,33	2,34
Julho	-0,08	-0,02	-0,52	0,48	3,10	3,12
Global	1,26	0,07	-0,03	-0,17	3,36	3,30

No Quadro III do Apêndice são relatados os valores simultâneos acumulados (para 3 dias) de  $E'_p$  (evaporação do tanque padrão),  $E'_1$  e  $E'_2$  (evaporação dos tanques modificados) e  $\bar{E}'_{12}$ , a média de  $\bar{E}'_1$  e  $\bar{E}'_2$  para 3 dias. Relativas a estes dados, procederam-se às seguintes análises:

a) Confronto entre os dados acumulados para 3 dias de  $E'_1$  e  $E'_2$  com a finalidade de se verificar se  $E'_1$  difere estatisticamente de  $E'_2$ , no período global. O teste t aplicado revelou os seguintes resultados:

Quadro C - Confronto de  $E'_1$  e  $E'_2$ .

t	$\bar{d}$	INTERVALO DE CONFIANÇA (95%)	
		LI	LS
1,25	0,25	-0,15	0,65

b) Confronto entre os dados acumulados de  $\bar{E}'_{12}$  e  $E'_p$ , com a finalidade de se verificar se  $\bar{E}'_{12}$  difere estatisticamente de  $E'_p$ , no período global. O teste t aplicado revelou os seguintes resultados.

Quadro D - Confronto de  $\bar{E}'_{12}$  e  $E'_p$ .

t	$\bar{d}$	INTERVALO DE CONFIANÇA (95%)	
		LI	LS
1,42	0,22	-0,10	0,54

## 2- Evaporação em dias com chuva

Os valores de evaporação em dias de chuva  $E_p$ , evaporação corrigida  $E_{pc}$  e evaporação dos tanques  $E_1$  e  $E_2$  são relacionados no Quadro IV do Apêndice.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

a) Relativos aos Testes Preliminares de Desempenho dos Tanques Classe A Modificados.

## 1) Aferição da escala de medida

De acordo com a metodologia descrita, os dados do Quadro I de mostram uma relação média de 1:20,2 (conjunto evaporimétrico 2) e 1:20,4 (conjunto evaporimétrico 1), entre altura de água evaporada no Classe A, e altura de água fornecida pelo tanque medidor, ou seja, para cada mm de água evaporada no tanque A teremos respectivamente 20,2 e 20,4 mm de abaixamento de nível no tanque medidor. Apesar dos diâmetros construtivos terem sido projetados para que esta relação fosse: 1:20, na prática não se conseguiu obter tal proporção. Para corrigir este defeito construtivo, utilizou-se no tanque medidor uma escala normal (1 cm igual a 1 mm de evaporação, ou seja, 1:20), multiplicando-se os valores obtidos pelos fatores de correção, respectivamente 0,99,  $(\frac{200}{202})$  e 0,98  $(\frac{200}{204})$ , sanando assim esta deficiência.

2- Estimativa da variação da altura de equilíbrio devido à dilatação volumétrica da água.

Como ficou demonstrado no capítulo de Resultados, existe uma variação  $\Delta h$  de altura de equilíbrio de água nos tanques, que pode impedir que em determinado instante haja fluxo pela válvula ou vice-versa. Exemplificando: admitindo que em certo instante a evaporação seja da ordem de 0,1 mm/hora, e que durante este intervalo de tempo ou mais a temperatura da água baixe para 10°C, de acordo com os cálculos efetuados, deveremos ter uma alimentação de 0,5 mm de água devido a contração de volume. Embora praticamente tal efeito não deva influir nas medidas, pois entre duas observações é pouco provável a ocorrência de tal variação de temperatura, nota-se que por causa deste efeito, durante o dia principalmente, a válvula para de debitar água, compensando



este efeito com débito mais veloz nas horas de menor temperatura. Convém notar também, que esta fonte de erro deva diluir-se porque via de regra, segundo recomendações da FAO (1979), os dados de evapotranspiração potencial estimados pelo tanque Classe A tornam-se consistentes para intervalos de medida superiores a 5 dias. Tal efeito deve explicar o fato observado de que, no período noturno, por vezes, a quantidade de água debitada pelo tanque medidor, era maior no período noturno do que no diurno.

Estas estimativas de variação provável de nível foram também necessárias para determinar a "altura de guarda" do dreno do tanque intermediário para evitar problemas de extravasamento. Assim, manteve - se para os dois tanques uma "guarda" de 1 mm. É obvio que nos períodos de chuva, esta condições determinou correção aditivas de pelo menos um milímetro nas leituras efetuadas.

b) Relativos ao Desempenho dos Tanques Classe A Modificados.

1- Evaporação em dias sem chuva

a) Confronto entre  $E_1$  e  $E_2$  (medidas diárias)

De acordo com os dados do Quadro A, os dois tanques modificados não apresentaram diferenças de comportamento quanto às estimativas de evaporação, com exceção do mês de junho no qual o valor de  $t$  revelou-se significativo. Atribui-se este fato à interferência resultante de fatores alheios ao experimento (vandalismo) observados frequentemente neste período. Apesar disto, nota-se que na análise realizada para o período global, a diferença existente entre os tanques  $E_1$  e  $E_2$  não foi significativa.

b) Confronto entre  $\bar{E}_{12}$  e  $E_p$  (medidas diárias)

Assumindo-se que  $E_1$  não difere de  $E_2$ , para avaliar o desempenho dos conjuntos modificados, com relação ao padrão,  $E_p$ , considerou-se a média destes dois valores, com o objetivo de eliminarem-se problemas decorrentes da exposição diferencial dos dois sistemas. Conforme a

análise exposta no Quadro B, não houve diferença significativa entre  $\bar{E}_{12}$  e  $E_p$ , tanto para valores diários de cada mês em separado, e para o período global.

c) Confronto entre  $E'_1$  e  $E'_2$  (medidas acumuladas de 3 dias)

De acordo com os resultados demonstrados no Quadro C, não existe diferença significativa nos dados analisados para o período global.

d) Confronto entre  $\bar{E}_{12}$  e  $E'_p$  (medidas acumuladas de 3 dias)

De acordo com os resultados da análise demonstrados no Quadro D, não existe, como era de esperar, diferenças significativas nos dados analisados para o período global.

## 2- Evaporação em dias com chuva

Para verificar a eficiência do conjunto evaporimétrico em dias de chuva, separaram-se os dados conforme o Quadro IV. Observa-se, por ele, que nos dias de transbordamento (15/04, 03/05 e 06/06) como era de se esperar, não pode avaliar a evaporação do tanque padrão, pois  $L_2$  fica indeterminado. Nos dias em que não existe transbordamento verifica-se que é possível corrigir em alguns casos os dados do tanque padrão, com auxílio do pluviômetro, existindo porém situações nas quais esta correção determina valores discrepantes (dias 03/04 e 04/04), principalmente quando a chuva é associada a vento e turbilhões. Embora admitindo que um maior número de observações seja necessário uma análise conclusiva, de uma maneira geral, pela repetição de valores que se observou nos conjuntos evaporimétricos, pode-se acreditar na eficiência destes sistemas, para medidas em dias de chuva.

## CONCLUSÕES

A análise preliminar dos dados obtidos em dias de medidas simultâneas de evaporação realizadas pelo Tanque Classe A Modificado e pelo Tanque Classe A nos permite concluir que é perfeitamente viável a uti

lização do sistema de medida de evaporação apresentado em substituição ao processo micrométrico convencional, pois o sistema de medida utilizado no Tanque Classe A modificado nos sugere as seguintes vantagens sobre o processo convencional:

- a) Permite a leitura da evaporação em dias de chuva, mesmo naqueles nos quais ocorre o transbordamento do tanque convencional;
- b) As leituras sendo realizadas em uma escala linear simples, deverão minimizar os frequentes erros operacionais detectados na prática, devido ao baixo nível operacional requerido.

#### REFERÊNCIAS

- ALBERIO, I.A. de S. Estudo sobre modificações introduzidas no tanque Classe A e no método de Penman. Piracicaba, ESALQ/USP, 1979, 91 p. (Dissertação de Mestrado).
- ASSIS, F.N. de O uso do evapotranspirômetro no estudo de algumas relações entre a evapotranspiração medida e estimada. Piracicaba, ESALQ/USP, 1978. 73 p. (Dissertação de Mestrado).
- ASSIS, F.N. de & VIEIRA, H.J. Estimativa da evaporação do tanque Classe A durante o ciclo de crescimento das culturas de verão em Pelotas-RS. In: Resumos Ampliados dos Trabalhos apresentados nas Sessões Técnicas do II CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA Pelotas, 1981 p. 94 - 96.
- CAMPBELL, R.B. & PHENE, C.J. Estimating potential evapotranspiration from screened pan evaporation, Agricultural Meteorology, 16:343 - 352, 1976.
- DALE, R.F. & SCHEERINGA, K.L. The effect of soil moisture on pan evaporation, Agricultural Meteorology, 18: 463 - 474, 1977.

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Goiânia. Relatório de Pesquisas com Feijão, 1976 - 77. 1978.p. 70 (Mimeografado).
- FAO. Agro - Meteorological Field Stations. J.DOORENBOS. Irrigation and Drainage, Paper 27, Rome, 1976. p. 94.
- FAO. Yeld Response to Water. J. DOORENBOS e A.H. KASSANS. Irrigation Drainage, Paper 33. Rome, 1979. p. 193.
- FUCHS, M. & STANHILL, G. The use of Class A pan evaporation data to estimate the irrigation water requirements of the cotton crop. J. Agric. Res. Israel, 13 (2): 63-78.
- FUCHS, M.; HAUSENBERG, I. & STANHILL, G. A field test of the control of cotton irrigation practice from Class A pan data. J. Agric. Res. Israel, 14: 237 - 239, 1964.
- HANSON, C.L & RANZI, F. Class A pan evaporation as affected by shelter and daily prediction equation. Agricultural Meteorology. Amsterdam, 18: 27-35, 1977.
- KALMA, J. D. & STANHILL; G. Transpiration, evaporation and deep drainage losses from an orange plantation. J. Agric. Res. Israel, 19(1): 11-24, 1969.
- LOMAS, J. & SCHLESINGER, E. The influence of a windbreak on evapo-transpiration. Agr. Meteorology. 8: 107-115, 1970.
- OLIVEIRA, A.S. Estudos comparativos da evaporação potencial estimada por tanques e pelo método de Penman. Piracicaba, ESALQ/USP, 1971.. p. 113 (Tese de Livre Docência).
- SILVA, W.J. da; SEDIYAMA, G.C. & BERNARDO, D.T.C.S. Estimativa da evaporação potencial em condições de campo, usando tanque "Classe A" modificado. In: RESUMC AMPLIADOS DOS TRABALHOS APRESENTADOS

NAS SESSÕES TÉCNICAS DO II CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA.

Pelotas, 1981. p. 119-121.

WARTENA, L. & BORGHORST, A.J.W. The energy balance of an evaporation pan and the measurement of the reflectivity of its bottoms.

Quartely Journal of the Royal Meteorological Society 87(372): 245 - 249, 1960.

QUADRO I - Comparações entre medidas simultâneas de evaporação, obtidas no tanque A e no tanque medidor.  $\Delta h_1$  = medida no tanque A (micrômetro);  $\Delta h_3$  = medida no tanque medidor (mm de altura/mm de evaporação);  $S_1/S_3$  = relação entre as áreas reais dos tanques  $A_1/A_3$ .

MICROMETRO			TANQUE MEDIDOR			$\frac{S_1}{S_3} = \frac{\Delta h_3}{\Delta h_1}$	$\Delta h_3 - \Delta h_1$
Inicial	Final	$\Delta h_1$	Inicial	Final	$\Delta h_3$		
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)
49,80	58,55	8,75	0	176	176/8,80	1:20,1	0,05
58,55	67,23	8,70	0	177	177/8,85	1:20,3	0,15
31,64	40,42	8,79	0	177	177/8,85	1:20,2	0,06
40,42	49,11	8,69	0	176	176/8,80	1:20,2	0,11
57,60	66,36	8,76	0	176	176/8,80	1:20,1	0,04
MÉDIAS						1:20,2	0,08

MICROMETRO			TANQUE MEDIDOR			$\frac{S_1}{S_3} = \frac{\Delta h_3}{\Delta h_1}$	$\Delta h_3 - \Delta h_1$
Inicial	Final	$\Delta h_1$	Inicial	Final	$\Delta h_3$		
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)
50,64	59,33	8,69	0	177	177/8,85	1:20,4	0,16
59,33	68,18	8,85	0	177	177/8,85	1:20,0	0,00
54,14	62,81	8,67	0	177	177/8,85	1:20,4	0,18
25,45	34,04	8,59	0	176	176/8,80	1:20,5	0,21
34,04	42,68	8,64	0	177	177/8,85	1:20,5	0,21
MÉDIAS						1:20,4	0,15

QUADRO II - Valores simultâneos medidos de evaporação de tanque (mm/dia), no tanque padrão A ( $E_p$ ), tanque modificado 1 ( $E_1$ ), tanque modificado 2 ( $E_2$ ) e média de  $E_1$  e  $E_2$  ( $\bar{E}_{1,2}$ ) dias sem chuva. Piracicaba, SP. 1981.

Março				
DIAS	$E_p$	$E_1$	$E_2$	$\bar{E}_{1,2}$
20	4,8	3,3	5,2	4,2
21	5,5	6,9	6,6	6,7
22	6,9	7,6	7,2	7,4
23	5,6	6,3	6,0	6,2
24	5,2	5,9	5,5	5,7
25	5,5	6,7	5,1	5,9
26	5,8	6,5	6,1	6,3
30	4,9	4,4	4,6	4,5
31	5,8	5,7	6,0	5,8

Abril

DIAS	$E_p$	$E_1$	$E_2$	$\bar{E}_{1,2}$
1	5,7	5,2	6,1	5,6
2	4,9	6,0	5,3	5,6
5	4,3	3,4	4,6	4,0
6	5,2	5,5	5,3	5,4
7	4,5	5,1	5,7	5,4
8	4,7	5,3	5,1	5,2
9	5,7	5,2	5,7	5,5
10	5,5	5,3	5,7	5,5
11	4,2	4,3	4,2	4,3
12	4,3	5,1	4,9	5,0
13	4,1	3,3	3,7	3,5
14	3,5	2,7	3,2	3,5
19	3,5	2,9	3,8	3,4
21	3,3	3,5	3,4	3,5
22	4,0	3,9	<del>3,4</del>	3,6
23	1,4	1,1	1,0	1,1
25	3,3	3,6	2,8	3,2
26	4,2	3,5	3,0	3,3
28	1,4	1,2	0,9	1,1
29	2,3	1,9	2,1	2,0
30	3,8	3,6	3,4	3,5



Maio

DIAS	$E_p$	$E_1$	$E_2$	$\bar{E}_{12}$
1	2,0	2,4	3,7	3,1
2	2,7	3,1	2,1	2,6
4	2,7	2,8	2,6	2,7
5	2,5	2,0	2,6	2,4
6	3,2	2,9	3,2	3,1
7	3,1	4,0	2,4	3,2
8	3,2	2,2	3,4	2,8
9	3,4	2,8	3,3	3,1
10	3,4	4,7	4,1	4,4
11	3,4	4,0	3,8	3,9
12	3,2	2,5	3,1	2,8
13	3,3	3,3	3,7	3,5
14	4,3	3,3	4,1	3,7
15	3,1	3,0	3,5	3,3
16	1,9	2,8	1,9	2,4
17	3,7	3,3	4,8	4,1
19	2,9	2,4	2,8	2,6
20	2,4	1,5	2,3	1,9
21	2,4	1,8	1,9	1,8
22	3,8	5,0	4,2	4,6
23	3,0	3,6	3,3	3,5
24	3,1	4,9	2,9	3,9
25	3,2	3,0	3,2	3,1
26	3,3	4,5	3,0	3,7
27	2,6	1,1	2,6	1,8
28	2,3	2,5	2,9	2,7
29	2,9	4,0	3,4	3,7
30	3,5	3,4	3,5	3,5
31	3,1	4,0	3,2	3,6

## QUADRO II - (cont.)

Junho				
DIAS	$E_p$	$E_1$	$E_2$	$\bar{E}_{1,2}$
1	3,2	2,2	3,1	2,6
2	4,3	3,8	4,1	3,9
3	1,5	2,4	1,3	1,8
4	1,4	2,1	2,5	2,3
5	2,3	2,2	2,3	2,3
7	1,4	1,0	1,2	1,1
8	1,5	1,6	1,9	1,7
9	2,3	1,8	2,3	2,1
10	2,5	2,5	2,9	2,7
11	2,7	2,3	3,1	2,7
12	3,1	5,1	3,7	4,4
13	1,5	1,0	1,1	1,1
14	2,5	1,1	2,7	1,9
17	2,3	1,0	1,5	1,3
18	2,6	1,8	2,2	2,0
19	1,4	1,8	2,0	1,9
20	1,8	1,0	2,2	1,6
21	2,0	2,7	2,5	2,6
22	2,1	1,6	2,0	1,8
23	2,3	2,4	2,4	2,4
24	2,1	2,0	2,0	2,0
25	2,1	1,9	2,0	1,9
26	2,7	2,3	2,8	2,6
27	3,0	3,1	3,2	3,2
28	2,1	1,0	2,0	1,5
29	3,2	3,4	4,6	4,0
30	3,3	3,5	3,6	3,6

## QUADRO II - (cont.)

..... Julho .....				
DIAS	$E_p$	$E_1$	$E_2$	$\bar{E}_{12}$
1	2,3	2,5	2,4	2,5
2	1,1	1,6	2,2	1,9
3	3,5	2,4	3,1	4,4
4	4,5	4,5	4,3	3,9
5	4,2	4,0	3,8	3,9

QUADRO III - Valores simultâneos acumulados ( mm/3 dias) de evaporação de tanque, no tanque padrão A ( $E'_p$ ), tanque modificado 1 ( $E'_1$ ), tanque modificado 2 ( $E'_2$ ) e média de  $E'_1$  e  $E'_2$  ( $\bar{E}'_{12}$ ), em dias de chuva. Piracicaba, SP, 1981.

Março

DIAS	$E'_p$	$E'_1$	$E'_2$	$\bar{E}'_{12}$
20-22	17,2	17,8	19,0	18,3
23-25	16,3	18,9	16,6	17,8
24-26	16,5	19,1	16,7	17,9
30-01/04	16,4	15,3	16,7	15,9

Abril

DIAS	$E'_p$	$E'_1$	$E'_2$	$\bar{E}'_{12}$
31/03-2	16,4	17,0	17,4	17,0
5-7	14,0	14,0	15,6	14,8
8-10	15,9	15,8	16,5	16,2
11-13	12,6	12,7	12,8	12,8
12-14	11,9	11,1	11,8	12,0
21-23	8,7	8,5	7,8	8,2
28-30	7,5	6,7	6,4	6,6

## QUADRO III - (cont.)

## Maio

DIAS	$E'_p$	$E'_1$	$E'_2$	$\bar{E}'_{1,2}$
30/04-2	8,5	9,1	9,2	9,2
4-6	8,4	7,7	8,4	8,1
7-9	9,7	9,0	9,1	9,1
10-12	10,0	11,2	11,0	11,1
13-15	10,7	9,6	11,3	10,5
16-18	8,7	10,3	9,7	10,1
19-21	7,7	5,7	7,0	6,3
22-24	9,9	13,5	10,4	12,0
25-27	9,1	8,6	8,8	8,6
28,30	8,7	9,9	9,8	9,9

## Junho

DIAS	$E'_p$	$E'_1$	$E'_2$	$\bar{E}'_{1,2}$
31/05-2	10,6	10,0	10,4	10,1
3-5	5,2	6,7	6,1	6,4
7-9	5,2	4,4	5,4	4,9
10-12	8,3	9,9	9,7	9,8
12-14	7,1	7,2	7,5	7,4
17-19	6,3	4,6	5,7	5,2
20-22	5,9	5,3	6,7	6,0
23-25	6,5	6,3	6,4	6,3
26-28	7,8	6,4	8,0	7,3
29-1/7	8,8	9,4	10,6	10,1

QUADRO III - (cont.)

Julho

DIAS	E' p	E' 1	E' 2	E' 12
2-4	9,1	8,5	9,6	9,1
3-5	12,2	10,9	11,2	11,1

QUADRO IV - Valores simultâneos de evaporação corrigida ( $E_{pc}$ ), evaporação dos tanques modificados 1 e 2 ( $E_1$  e  $E_2$ ) e precipitação pluviométrica (P).

DATAS	LEIT. MICROMETRO		P (mm)	$E_{pc}$ (mm)	$E_1$ (mm)	$E_2$ (mm)
	Inicial	Final				
27/03	65,69	69,66	5,0	1,03	1,6	1,3
28/03	69,66	69,71	2,1	2,05	1,5	1,7
29/03	69,71	74,42	7,7	2,99	1,7	1,3
03/04	69,52	75,38	5,1	-0,76	1,4	1,6
04/04	75,38	79,71	8,4	4,07	1,4	1,5
15/04	transbordou		49,2	-	1,1	1,4
24/04	79,38	77,34	5,8	2,44	1,5	2,6
27/04	69,90	74,68	7,7	2,92	1,9	2,4
03/05	transbordou		28,9	-	2,8	4,3
06/06	transbordou		46,6	-	1,3	1,1
15/06	63,88	73,74	12,1	2,24	2,5	1,8
16/06	73,74	82,94	9,3	0,1	1,0	1,1