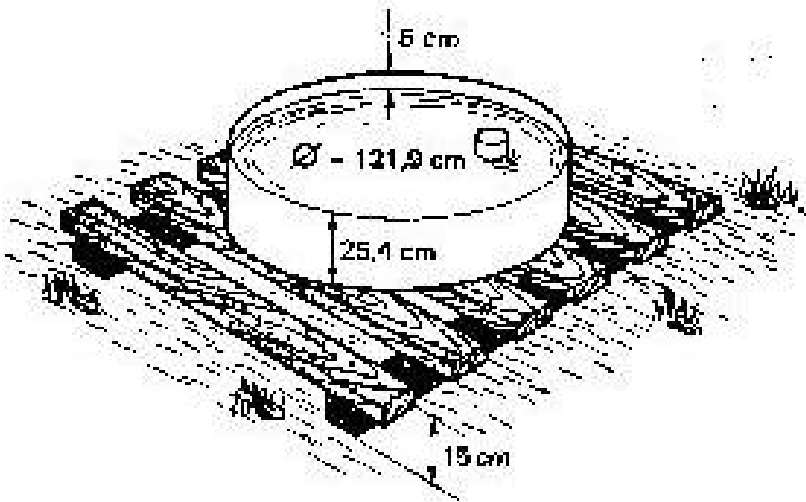


**Utilização de Um Minitanque  
Evaporimétrico de Baixo  
Custo no Interior de Casa de  
Vegetação**



## **República Federativa do Brasil**

*Fernando Henrique Cardoso*  
Presidente

## **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

*Marcus Vinicius Pratini de Moraes*  
Ministro

## **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa**

### **Conselho de Administração**

*Marcio Fortes de Almeida*  
Presidente

*Alberto Duque Portugal*  
Vice-Presidente

*José Honório Accarini*  
*Sergio Fausto*  
*Dietrich Gerhad Quest*  
*Urbano Campos Ribeiral*  
Membros

### **Diretoria-Executiva da Embrapa**

*Alberto Duque Portugal*  
Diretor-Presidente

*Bonifácio Hideyuki Nakasu*  
*Dante Daniel Giacomelli Scolari*  
*José Roberto Rodrigues Peres*  
Diretores-Executivos

### **Embrapa Amapá**

*Arnaldo Bianchetti*  
Chefe-Geral

*Antônio Carlos Pereira Góes*  
Chefe-Adjnto de Administração

*Gilberto Ken-Iti Yokomizo*  
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento



*Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agroflorestal do Amapá  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1517-4867  
Dezembro, 2003

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 63**

## **Utilização de um Minitanque Evaporimétrico de Baixo Custo no Interior de Casa de Vegetação**

Raimundo Pinheiro Lopes Filho  
Geraldo Magela Pereira

Macapá, AP  
2002

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Amapá**

Endereço: Rodovia Juscelino Kubitschek, km 05, CEP-68.903-000,  
Caixa Postal 10, CEP-68.906-970, Macapá, AP

Fone: (96) 241-1551

Fax: (96) 241-1480

Home page: <http://www.cpfap.embrapa.br>

E-mail: [sac@cpfap.embrapa.br](mailto:sac@cpfap.embrapa.br)

### **Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Gilberto Ken-Iti Yokomizo

Membros: Antônio Cláudio Almeida de Carvalho, Gilberto Ken-Iti Yokomizo,  
Márcio Costa Rodrigues, Raimundo Pinheiro Lopes Filho, Ricardo Adaime da  
Silva, Valéria Saldanha Bezerra.

Supervisor Editorial: Gilberto Ken-Iti Yokomizo

Revisor de texto: Elisabete da Silva Ramos

Normalização bibliográfica: Solange Maria de Oliveira Chaves Moura

Editoração eletrônica: Otto Castro Filho

Foto da capa: Aderaldo Batista Gazel Filho

### **1ª Edição**

1ª Impressão 2003: tiragem 150 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Amapá

---

Lopes Filho, Raimundo Pinheiro.

Utilização de um Minitanque Evaporimétrico de Baixo Custo  
no Interior de Casa de Vegetação / Raimundo Pinheiro Lopes; Geraldo Magela  
Pereira. – Macapá: Embrapa Amapá, 2003.

13p. il.; 21 cm (Embrapa Amapá. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento,  
63).

ISSN 1517-4867

1. Casa de Vegetação. 2. Minitanque. 3. Evaporimétrico I. Embrapa Amapá  
(Macapá, AP). II. Título. III. Série.

---

CDD: 633.682

© Embrapa - 2001

## Sumário

Resumo.....	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Metodologia.....	8
Resultados e Discussão.....	9
Conclusões.....	12
Referências Bibliográficas.....	13

# Utilização de um Minitanque Evaporimétrico de Baixo Custo no Interior de Casa de Vegetação

---

*Raimundo Pinheiro Lopes Filho<sup>1</sup>  
Geraldo Magela Pereira<sup>2</sup>*

## Resumo

O estudo foi realizado na Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, no período de fevereiro a maio de 2000, com o objetivo de propor a utilização de um minitanque evaporimétrico de baixo custo na estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) no interior de casa de vegetação. Foram comparadas as evaporações ocorridas em um minitanque de plástico e em um tanque Classe A. Com base nos valores diários de evaporação e na ET<sub>o</sub> estimada pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, determinou-se para cada evaporímetro os respectivos coeficientes de tanque (K<sub>p</sub>), necessários à transformação dos valores de evaporação em ET<sub>o</sub>. Constatou-se que as evaporações nos dois evaporímetros foram muito semelhantes. Para os dois tanques, os valores mensais de K<sub>p</sub> foram inversamente proporcionais às evaporações e decresceram quando passou-se dos meses de verão (fevereiro e março) para os de outono (abril e maio). Usando-se os K<sub>p</sub> obtidos neste estudo é possível substituir, com vantagens, o tanque Classe A pelo minitanque de plástico, na estimativa da ET<sub>o</sub> no interior de estufas e casas de vegetação.

Palavras-chave: evaporação, evapotranspiração de referência, Penman-Monteith.

---

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, M. Sc., Pesquisador da Embrapa Amapá; e-mail: sac@cpafap.embrapa.br

<sup>2</sup>Eng. Agrícola, Prof. Adjunto, Depto de Engenharia, Universidade Federal de Lavras - UFLA

# Use of a Low-cost Evaporation Minipan Inside Greenhouse

---

## Abstract

This study was carried out at Federal University of Lavras, Lavras-MG, Brazil, in the period from February to May/2000, in order to propose the use of a low-cost evaporation minipan for estimating reference evapotranspiration (REF-ET) inside greenhouse. Evaporation measured in a plastic minipan was compared to one measured in a Class A pan. Based on the relation between daily evaporation values and REF-ET estimated by the Penman-Monteith method it was determined the pan coefficients ( $K_p$ ) required to convert evaporation into REF-ET. It was seen that evaporation rates were similar in both evaporation pans as well as the monthly  $K_p$  values varied inverse proportionally to evaporations values and decreased from Summer (February and March) to Fall (April and May). By using the  $K_p$  values obtained in this study it is possible to substitute, with advantages, the Class A pan by the plastic minipan for estimating REF-ET inside greenhouse.

**Index terms:** evaporation, reference evapotranspiration, Penman-Monteith.

## Introdução

O conhecimento da evapotranspiração é de fundamental importância para o dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação de diversas culturas, conduzidas tanto em campo aberto como em ambientes protegidos (estufas e casas de vegetação). No Brasil tem havido um crescente interesse pelos cultivos de hortaliças em ambiente protegido, no entanto, são incipientes os estudos de evapotranspiração de cultivos em ambiente protegido, capazes de subsidiar um correto manejo de irrigação nesses cultivos.

Usualmente obtém-se a evapotranspiração de uma cultura, determinando-se ou estimando-se, em uma primeira etapa, a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) que, em uma segunda etapa, é então multiplicada por um coeficiente (K<sub>c</sub>) específico da cultura de interesse. No tocante à primeira etapa, o método do tanque Classe A é muito usado na estimativa da ET<sub>o</sub>, sendo esta obtida pela multiplicação da evaporação medida no tanque por um coeficiente (K<sub>p</sub>) determinado experimentalmente para as condições locais (Doorenbos & Pruitt, 1977). Metodologias para a determinação experimental de K<sub>p</sub> para diferentes culturas conduzidas a céu aberto têm sido detalhadas por muitos autores, destacando-se que os melhores resultados tem sido obtidos quando o método padrão de determinação da ET<sub>o</sub> envolve o uso de lisímetros. Assim, se medidos em um mesmo período a ET<sub>o</sub> e a evaporação do tanque Classe A (EvapTCA), obtém-se o coeficiente do tanque (K<sub>p</sub>) pela equação:

$$K_p = ET_o / \text{EvapTCA}$$

Dada as complexidades verificadas na construção, instalação e operação dos lisímetros, têm-se procurado substituir o seu emprego por equações que integram as principais variáveis meteorológicas que influenciam o fenômeno da evapotranspiração. Dentre as diversas equações propostas, a de Penman-Monteith parametrizada pela FAO tem apresentado estimativas muito precisas de ET<sub>o</sub>, razão pela qual atualmente é considerada método padrão, sendo usada inclusive para calibrar outros métodos de estimativa desse parâmetro agrometeorológico.

O tanque Classe A possui dimensões relativamente grandes e custo elevado e, como há limitação de espaço no interior de estufas e casas de vegetação, tem-se procurado, nesses ambientes, substituí-lo por minitanques (Gervásio & Lima, 1996).

Neste trabalho, realizado em condições de ambiente protegido, objetivou-se: 1) avaliar o nível de correlação entre as evaporações medidas em um tanque Classe A e em um minitanque de baixo custo; 2) estimar valores diários da ET<sub>o</sub>



pela método Penman-Monteith-FAO e usá-los na determinação de coeficientes de tanque ( $K_p$ ) para os dois tanques evaporimétricos citados.

## Metodologia

O estudo foi conduzido na Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, de 01/02/2000 a 31/05/2000, em uma casa de vegetação do tipo “capela”, construída em estrutura de madeira com dimensões de 10 x 35 m<sup>2</sup>, altura na parte central de 3,5 m e pé direito de 2,0 m, paredes laterais fechadas com tela de plástico transparente e na cobertura usou-se filme de polietileno transparente de baixa densidade (PEBD), com aditivo anti-ultravioleta e espessura de 150 μm (0,15 mm). No interior dessa casa de vegetação foram instalados (Figura 1): a) um tanque Classe A construído em chapa de aço inoxidável (custo do tanque e estrado de R\$1.400,00); b) um minitanque de baixo custo (cerca de R\$30,00) representado por uma caixa de plástico azul, com 55,5cm de comprimento, 39,0cm de largura e 29,5cm de altura, facilmente encontrado no comércio de embalagens e; c) uma estação agrometeorológica portátil, para registro automático da radiação solar global, velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar.

Diariamente, às 10:00h TMG (7:00h horário local) mediu-se as evaporações ocorridas no tanque Classe A e no minitanque de plástico. As evaporações medidas nesses dois evaporímetros foram comparadas por meio da análise de regressão linear pelo eixo principal reduzido (Menk & Igue, 1992).

Na estimativa da  $ET_o$  utilizou-se o método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, descrito em Pereira et al. (1996). Diariamente, para cada tanque evaporimétrico calculou-se o respectivo coeficiente de tanque ( $K_p$ ) por meio da equação:

$$K_p = ET_o/EV$$

em que:  $K_p$  = coeficiente do tanque;

$EV$  = evaporação no tanque considerado (mm.dia<sup>-1</sup>); e

$ET_o$  = evapotranspiração de referência pela equação de Penman-Monteith-FAO (mm.dia<sup>-1</sup>).



**Figura 1.** Vista geral do experimento

## **Resultados e discussão**

Analisando-se a evolução das variáveis meteorológicas no interior da casa de vegetação (Tabela 1) verifica-se que a umidade relativa média do ar não apresentou acentuadas variações em seus valores mensais (mínima de 70% e máxima de 74%) e a velocidade do vento manteve-se com valores médios muito reduzidos (máximo de  $0,13\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Por sua vez, os valores de evaporação e da  $ET_0$  decresceram, acompanhando a tendência decrescente dos valores totais de radiação solar incidente e de temperatura média do ar. A reduzida variação nas variáveis relacionadas influencia a umidade relativa do ar e da velocidade do vento possivelmente tiveram pouca influência na magnitude da  $ET_0$ , já que que esta não apresentou tendência de estabilidade em seus valores. Em contraste, a concordância entre a tendências decrescentes de  $ET_0$  e das variáveis relacionadas à energia do meio (radiação solar e temperatura do ar), sugere que estas exerceram maior a influência sobre a evaporação e a  $ET_0$ . Estes resultados estão de acordo com o estudo de Hossokawa et al., no qual constatou-se que os termos energético e aerodinâmico da equação de Penman-Monteith representaram, respectivamente, 96,5% e 3,5% do valor da  $ET_0$  em ambiente protegido.

Quanto às evaporações diárias, as do minitanque plástico apresentaram variações análogas às do tanque Classe A (Figura 2), contudo, neste tanque, a

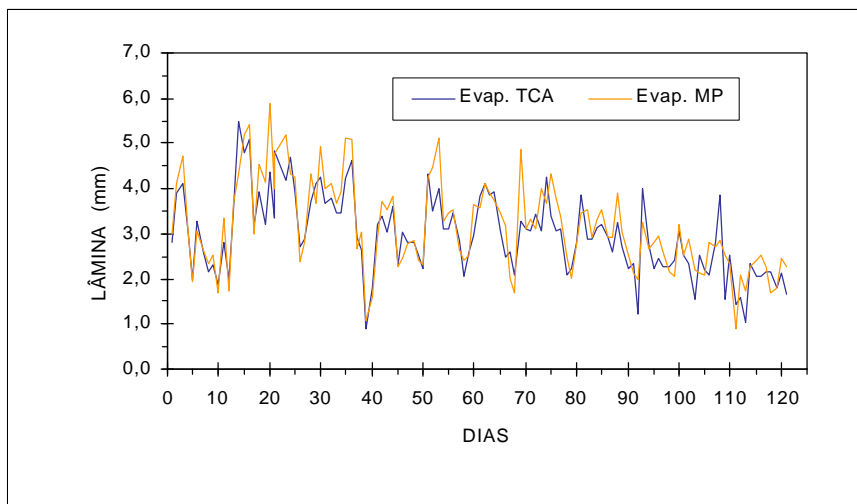
evaporação total do período estudado foi, em média, superada pela do minitanque plástico em 6,60%. Na análise de regressão (Figura 3) o coeficiente angular ( $b = 1,097$ ) e o coeficiente de correlação ( $r = 0,87$ ), ambos próximos à unidade, refletiram uma forte correlação entre as evaporações dos dois evaporímetros, resultados que aliados ao reduzido valor do coeficiente de dispersão (12,35%), confirmaram a semelhança entre as evaporações diárias medidas nos dois tipos de tanque. Esses resultados são indicativos de que, para fins práticos, o minitanque de plástico pode substituir o Tanque Classe A na medição da evaporação de uma superfície livre de água, no interior de casas de vegetação. Esta substituição tem como vantagens o uso de um evaporímetro de menor custo e a obtenção de um aumento na área útil de cultivo no interior de estufas ou casas de vegetação.

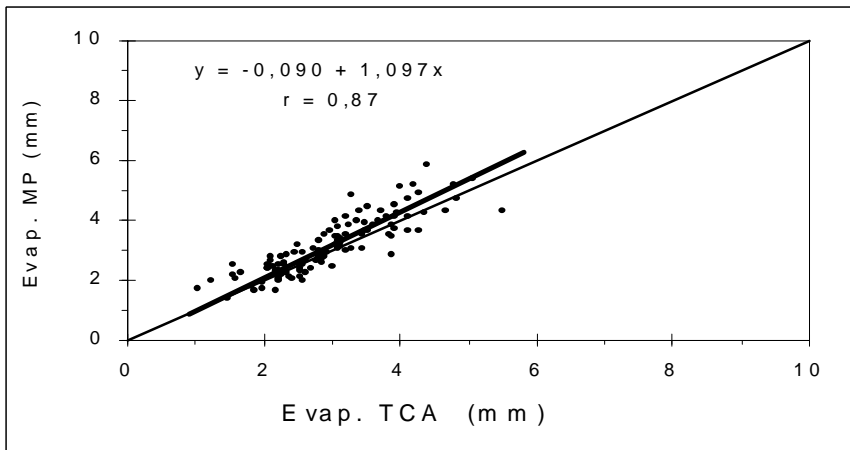
Para cada tanque, as variações dos valores de  $K_p$  ao longo do período estudado, foram inversamente proporcionais às evaporações medidas e decresceram quando passou-se do verão (fevereiro e março) para o outono (abril e maio). Assim, a fim de gerar coeficientes úteis para aplicações práticas, determinou-se valores médios de  $K_p$  (Tabela 2) para cada mês, a serem usados em concordância com as evaporações medidas no tanque escolhido, as quais devem ser enquadradas em uma das cinco faixas de evaporação consideradas. Constata-se que os valores de  $K_p$  calculados para os dois evaporímetros não são muito diferentes, o que é um reflexo da semelhança verificada entre as evaporações neles medidas. Tabelas deste tipo, permitirão estimar  $E_{To}$  somente usando um tanque de evaporação, bastando medir a evaporação ocorrida no tanque, enquadrá-la em uma das cinco faixas de evaporação e multiplicá-la pelo  $K_p$  correspondente, observando ainda o mês em questão. Sugere-se aplicar esta metodologia ao longo dos doze meses do ano, durante vários anos, a fim de ser confirmada a validade deste procedimento na estimativa de  $E_{To}$ .

**Tabela 1.** Evolução das variáveis meteorológicas registradas no interior da casa de vegetação.

Elemento meteorológico	Meses			
	Fev.	Mar.*	Abr.	Mai.
<b>Valores médios diários</b>				
Temperatura média (°C)	24,1	23,7	21,3	18,1
Umidade relativa média (%)	74	74	70	72
Velocidade do vento (m/s)	0,00	0,10	0,13	0,09
<b>Valores totais</b>				
Radiação solar incidente (MJ.m <sup>2</sup> )	441	311	420	333
Evaporação do tanque Classe A (mm)	100,84	96,67	92,56	68,13
Evaporação do minitanque de plástico (mm)	106,07	103,75	99,64	72,39
Evapotranspiração de referência (mm)	78,43	52,22	54,17	29,64

\* Dados relativos a somente 22 dias do mês, exceto para a evaporação dos tanques

**Figura 2.** Evolução dos valores diários das evaporações medidas no tanque Classe A (Evap.TCA) e no minitanque de plástico (Evap.MP)



**Figura 3.** Análise de regressão pelo eixo principal reduzido entre as evaporações diárias medidas no tanque Classe A (Evap.TCA) e no minitanque de plástico (Evap.MP)

**Tabela 2.** Valores ajustados de Kp para o tanque Classe A e o minitanque de plástico

Faixa de evaporação	Tanque classe A				Minitanque de plástico			
	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.
0 - 1mm	-	-	-	-	-	-	-	-
1 - 2mm	0,93	-	-	0,60	0,95	-	-	0,56
2 - 3mm	0,87	0,83	0,62	0,45	0,87	0,82	0,62	0,43
3 - 4mm	0,79	0,74	0,57	0,25	0,80	0,70	0,54	0,30
4 - 5mm	0,71	0,65	0,53	-	0,71	0,63	0,47	-
5 - 6mm	0,64	-	-	-	0,60	0,54	-	-

### Conclusões

Especificamente para as condições de ambiente protegido, concluiu-se que:

1) as evaporações diárias medidas no tanque Classe A e no minitanque de plástico foram muito semelhantes;

2) ao longo do período estudado, os valores de  $K_p$  foram inversamente proporcionais aos valores de evaporação verificados em um minitanque de plástico e no tanque Classe A; e decresceram quando passou-se do verão (fevereiro e março) para o outono (abril e maio).

3) é possível substituir o tanque Classe A pelo minitanque de plástico na estimativa de  $E_{To}$ , com as vantagens de se usar um evaporímetro de menor custo e de se obter um aumento na área útil de cultivo no interior de estufas e casa-de-vegetação.

### Referências bibliográficas

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).

GERVÁSIO, E. S.; LIMA, L. A. Uso de um evaporímetro alternativo e sua comparação com o tanque "classe A". In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., 1996, Bauru. **Anais...** Bauru: SBEA, 1996. CD-ROM.

HOSSOKAWA, T.; MATSURA, E. E.; SENGE, M. Avaliação de Penman-Monteith e Priestley-Taylor na estimativa da Evapotranspiração no interior de estufa. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997, Campina Grande. **Anais ....** Campina Grande: SBEA, 1997. CD-ROM

MENK, J. R. F.; IGUE, T.; Relacionamento de dados de solos entre métodos analíticos: o caso da análise granulométrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.16, p. 143-152. maio/ago. 1992.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p

**Embrapa**

---

**Amapá**

**Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento**

