

EVAPORAÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM CAMPO E ESTUFA ORIENTADAS NO SENTIDO N/S E L/O

Marcos Brandão BRAGA¹, Antonio Evaldo KLAR², Reginaldo Ferreira SANTOS¹

RESUMO

O estudo da evaporação e evapotranspiração em ambiente protegido é de fundamental importância para o manejo da irrigação, sendo necessário, portanto, adequar tais variáveis às condições deste ambiente. O presente trabalho visa correlacionar a evaporação (Ev) e evapotranspiração de referência (ET_o), utilizando tanques classe "A", mensuradas dentro e fora das estufas. O Experimento foi conduzido no Campus da Faculdade de Ciências Agrônomicas/Unesp de setembro/97 a fevereiro/98, em duas estufas plásticas de 100m², revestidas com polietileno de baixa densidade (PEBD) de 0,15mm de espessura. Observou-se significativas variações dos valores obtidos nas estufas em relação aos medidos em condições externas. Comparando os resultados obtidos entre os dois ambientes, verificou-se que o Ev e ET_o internos foram sempre menores, correspondendo a 67,98% e 84,71% da verificada na parte externa, na estufa com orientação geográfica Leste/Oeste e de 63,54% e 79,19%, na estufa orientada no sentido Norte/Sul. Pequenas variações de Ev e ET_o foram verificadas comparando-se às duas estufas com orientações geográficas distintas. Encontrou-se correlação positiva da Ev e ET_o medidas tanto dentro quanto fora das estufas. As estimativas de Ev e ET_o internas, obtidas no tanque classe "A", apresentaram elevadas correlações com as obtidas externamente (r de 0,72 a 0,95).

PALAVRAS-CHAVE: Evaporação, Evapotranspiração de referência, Estufas.

1

¹Eng. Agrônomo, MS em Eng^a Agrícola, doutorando em Agronomia, área de concentração: Irrigação e Drenagem, na FCA/Unesp/Botucatu-SP. E-mail: btbraga@zaz.com.br

² Eng. Agrônomo, bolsista do CNPq, Professor titular do DER/FCA/Unesp – Botucatu, SP. CP: 237 – CEP: 18603-970. E-mail: Klar@fca.unesp.br

INTRODUÇÃO

O estudo da evaporação da água é largamente empregado para estimar a evapotranspiração das culturas. Sendo portanto um fator de importância na irrigação, tanto na fase de projeto como para o manejo. O cultivo em ambiente protegido, principalmente de hortaliças, vem sendo cada dia mais usado no Brasil. Juntamente com este fato surge dúvidas de como proceder o manejo tanto da cultura como da irrigação, essencial para o êxito do empreendimento.

A cobertura plástica da estufa altera o balanço de radiação e o balanço energético, com relação ao exterior. Em consequência, altera também a evapotranspiração (Prados, 1986). Segundo o mesmo autor são poucos trabalhos que tem medido a evapotranspiração de referência, em estufas, segundo definem Doorenbos & Pruitt (1977), como meio de estimar o consumo de água das culturas. Lisímetros têm sido usados em estudos de evapotranspiração no interior de estufas plásticas (Graaf, 1981; Stanghellini, 1981). Também, vem sendo empregado diferentes tipos de evaporímetros, mas o emprego do tanque classe “A” tem sido escasso ou mesmo desconhecido por alguns pesquisadores, e recomendados por outros (Montero et al., 1985). Trabalhando com tomateiro em estufas com cobertura de polietileno de baixa densidade (PEBD), Prados (1986) concluiu que há similaridade entre os valores obtidos de K , produto de K_p (Coeficiente do tanque) com K_c (coeficiente da cultura), com valores de K_c encontrados na bibliografia. Este fato induzem pensar que o coeficiente de tanque (K_p) deve ser muito próximo de 1,0 valor superior aos citados para as condições ao ar livre por Doorenbos & Pruitt (1977).

Devido ser de fácil acesso e de custo relativamente barato, em contraposição com os métodos combinados (empíricos) de cálculos, os evaporímetros tem sido largamente utilizados em todo mundo, na determinação da evapotranspiração de referência, onde se sobressai o tanque classe “A”. O que favorece a extrapolação e a comparação de resultados. O tanque envolve todo o complexo energético responsável pela evaporação (Klar, 1988). De acordo com Doorenbos & Pruitt (1977) o método de Penman é o que melhor estima a evapotranspiração de referência, seguido pelo método do tanque Classe “A”.

No interior da estufa, a evapotranspiração é, em geral, menor do que a verificada externamente. Vários pesquisadores atribui este fato, a redução da ação dos ventos e a parcial capacidade de transmissividade da cobertura plástica à radiação solar, que são os principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera. A diferença entre a evapotranspiração interna e externa varia de acordo com as condições meteorológicas, em geral, a evapotranspiração no interior fica em torno de 60 a 80% da verificada no exterior (Montero et al., 1985; Prados, 1986; Rosenberg et al., 1989). Klar & Alves (1996) encontraram valor da evaporação pelo tanque classe “A”, dentro da estufa tipo túnel, sensivelmente mais baixo do que o do tanque fora da estufa, numa proporção significativa de

93%. Segundo os autores esta significativa diferença deve-se principalmente à ausência de ventos e à maior umidade relativa dentro do túnel.

Portanto esse trabalho tem como objetivo, determinar a evaporação e evapotranspiração de referência (ET_o), bem como a suas correlações, em duas estufas com orientação geográficas distintas. Utilizando-se o método do tanque classe “A”.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista, Campus Botucatu-SP. No período de setembro de 1997 a fevereiro de 1998. O clima da região, segundo os critérios adotados por Köppen, baseado nas observações da estação Agrometeorológica da Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP, e obtidos de médias históricas de 27 anos (1971 a 1998), é definido como de clima temperado (Mesotérmico), sendo uma região constantemente úmida. Essa região possui, um total médio, de precipitação pluvial anual de 1516,8mm e uma evapotranspiração média anual de 692mm. A temperatura média anual é de 20,6°C; com temperatura média máxima e mínima de 23,5 e 17,4 °C, respectivamente.

As estufas instaladas foram do tipo túnel alto com área de 100m² (5m x 20m), cobertas com filme transparente de polietileno, com 0,15mm de espessura e proteção contra raios ultravioletas. As mesmas foram instaladas na latitude 22°51'03" S e longitude de 48°25'37" WGr, uma no sentido Norte/Sul (N/S) e a outra Leste/Oeste (L/O), à altitude de 786metros. As estufas têm pé-direito de 3,5m e altura da lateral de 2,0m. A cobertura plástica inicia-se a uma altura de 2,0 m da superfície do solo, deixando esse espaço para facilitar a aeração das mesmas. Utilizou-se também de sombrite, no vão entre o rodapé e a altura da estufa, com 7% de sombreamento, como o intuito de dificultar a entrada de insetos e animais.

Os tanques classe “A” foram acomodados em cima de estrados de madeira com 0,15m de altura, e instalados na posição central das estufas, ligeiramente deslocada para o lado esquerdo das mesmas. Os dados externos da evaporação no tanque classe “A”, foram obtidos da estação meteorológica da faculdade de ciências agrônomicas, UNESP-Botucatu. As medições, foram realizados todos os dias às 09:00 horas (Figura 1).



Figura 1. Vista do interior da estufa com tanque classe “A” (TCA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se as tabelas 1 e 2, nota-se que existe uma diferença significativa tanto na evaporação como na evapotranspiração de referência, encontrados fora e dentro das estufas.

Tabela 1. Média de 21 semanas da evaporação nos tanques Classe “A”, localizados dentro e fora das estufas.

Semanas	Período de monitoramento	Evaporação da água no tanque classe “A”		
		Estufa (L/O) (mm)	Estufa (N/S) (mm)	Estufa (Fora) (mm)
21	23/09/97 a 16/02/98			
Média total (mm)		3,94	3,76	5,73
Somatório da evaporação diária (mm)		573,25	535,86	843,3
Correspondente a evaporação no TCA (fora)		67,98%	63,54%	100%
Diferença da evaporação (fora)		32,02%	36,46%	----

Tabela 2. Média de 21 semanas da evapotranspiração de referência, obtidos através de tanque Classe “A”, localizados dentro e fora das estufas.

Semanas	Período de monitoramento	Evapotranspiração de referência		
		⁺ ETo(L/O) (mm)	⁺ ETo(N/S) (mm)	[*] ETo (mm)
21	23/09/97 a 16/02/98			
Média total (mm)		3,94	3,76	4,76
Somatório da evapotranspiração diária (mm)		573,25	535,86	676,7
Correspondente a evapotranspiração no TCA (fora)		84,71%	79,19%	100%
Diferença da evapotranspiração (fora)		12,29%	20,81%	----

*ETo; evapotranspiração de referência, foi obtido utilizando-se os coeficientes de tanque apresentados por DOORENBOS e PRUITT (1977). ⁺ETo (N/S e L/O) foram obtidos utilizando o coeficiente de tanque ($K_p = 1$) recomendado por PRADOS (1986), para ambiente protegido.

Para a evaporação (Ev), encontrou-se valores médios diários, em 21 semanas monitoradas, de 3,94mm, 3,76mm e 5,73mm, respectivamente, para evaporação nos tanques Classe “A” instalados, nas estufas L/O, N/S e fora, respectivamente. Isso correspondeu do total evaporado fora, em percentagem, a 67,98% para estufa(L/O) e 63,54% na estufa(N/S), que diferiram significativamente dos valores encontrados por Klar & Alves (1996).

Existiu pouca diferença dos valores encontrados de Ev entre as duas estufas, sendo essa de 0,18mm ou 4,6% a mais para a estufa orientada no sentido Leste/Oeste. Esse fato pode ser explicado, provavelmente, pela maior incidência da radiação solar na estufa Leste/Oeste em relação a Norte/Sul.

A tabela 2 mostram os dados de evapotranspiração de referência, obtidos dentro das estufas e fora. Sendo os dados de ETo (N/S e L/O) obtidos utilizando-se do coeficiente de tanque (Kp) igual a unidade, recomendado por Prados (1986), para ambiente protegido. O Kp utilizado para obter a ETo(fora), ambiente externo, foram os recomendados por Doorenbos & Pruitt (1977). Observou-se que as diferenças dos valores de ETo das estufas em relação ao ETo(fora) diminuíram, chegando a valores de 84,71% e 79,49% da ETo(fora), para as estufas L/O e N/S. Esses valores estão coerentes com os encontrados por Montero et al. (1985) e Rosenberg et al. (1989). A diferença, para menor, existente entre a evapotranspiração de referência das estufas em relação a fora, é dada segundo Klar & Alves (1996) pela ausência de ventos e maior umidade relativa do ar dentro das estufas. Provavelmente, também pela menor incidência de radiação solar direta

A figura 2 mostram que as curvas seguiram as mesmas tendências, e evidencia quanto é maior a evaporação e evapotranspiração de referência fora das estufas em relação as valores internos. Observa-se mais claramente, também, como a diferença da evaporação e consequentemente da evapotranspiração entre as duas estufas, não foram tão grande.

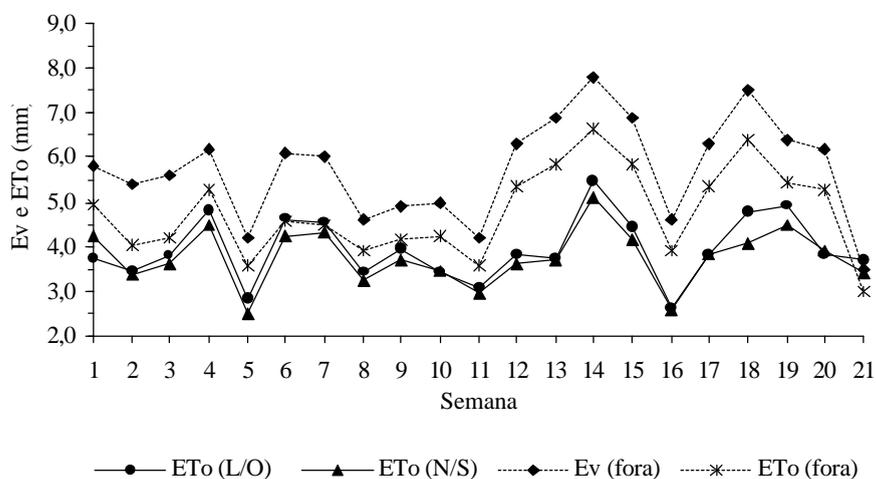


Figura 2. Evaporação e evapotranspiração de referência (ETo) em médias semanais, obtidas através do tanque classe “A”, instalados dentro e fora das estufas dispostas no sentido Norte/Sul e Leste/Oeste.

Visando determinar a relação existente entre as medidas semanais de ETo e Ev, obtidos nos ambientes internos e externos às estufas, a partir das medidas feitas no tanque classe “A”, foram

realizados análises de regressão linear simples. Na tabela 3 são apresentadas as equações obtidas nas análises dos valores semanais e os respectivos coeficientes de determinação.

Tabela 3. Equações de regressão linear de evaporação e evapotranspiração de referência, para as situações dos ambientes estudados.

Relações	Equações	Coefficientes de correlação (r)
Ev(fora) x Ev(L/O)	$Ev(L/O) = 0,4934(Ev \text{ fora}) + 1,1134$	0,77**
Ev(fora) x Ev(N/S)	$Ev(N/S) = 0,4421(Ev \text{ fora}) + 1,2241$	0,77**
ETo(fora) x ETo(L/O)	$ETo(L/O) = 0,5328(ETo \text{ fora}) + 1,4068$	0,72**
ETo(fora) x ETo(N/S)	$ETo(N/S) = 0,4791(ETo \text{ fora}) + 1,477$	0,73**
ETo(ETo) x ETo(N/S)	$ETo(N/S) = 0,849(ETo \text{ L/O}) + 0,410$	0,95**

** Significativos a 1% de probabilidade pelo teste F e teste T.

Ev(Fora) – Evaporação fora das estufa; ETo(L/O) – Evapotranspiração de referência da estufa orientada no sentido L/O.

Comparando as observações de Ev e ETo, ocorridas no interior das estufas plásticas e no meio externo, observa-se que as correlações foram relativamente elevadas, indicando, portanto, a possibilidade de se estimar a Ev e conseqüentemente a ETo, através de mensurações efetuadas no tanque classe “A”, instalado no ambiente externo às estufas. Este fato evitaria de instalar um tanque no interior da estufa, onde além de ocupar uma bom área, poderá ocasionar um aumento na umidade relativa do ar nesse ambiente, criando um meio mais propício a ocorrência de doenças. Os valores das correlações de ETo dentro e fora das estufas aproximaram bastante da encontrada por FARIAS et al. (1994) de $r = 0,73$, enquanto diferiram da obtida por Klar & Alves (1996) que foi igual $r = 0,59$, ambas obtidas através de tanque Classe “A” instalados no centro das estufas.

Observou-se ainda, uma elevada correlação da evapotranspiração de referência entre as duas estufas ($r = 0,95^{**}$), indicando que a ETo medida em estufas instaladas com orientações geográficas diferentes (no caos N/S e L/O, verdadeiros) não apresentaram grandes variações entre si (figura 3).

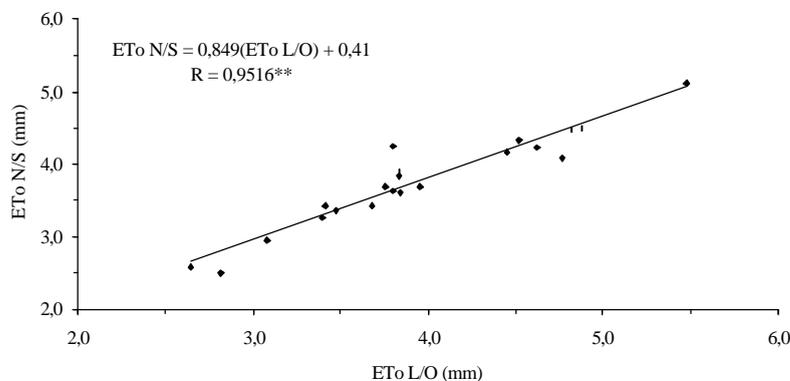


Figura 3. Regressão entre a evapotranspiração de referência (ETo) dentro das estufas orientadas no sentido Leste/Oeste e Norte/Sul.

CONCLUSÕES

Do exposto chegou-se as seguintes conclusões:

- a evaporação e evapotranspiração de referência obtidas fora das estufas, possuem correlações positivas com as determinadas dentro das mesmas.
- que embora pequena, existem variações tanto na evaporação como da evapotranspiração de referência, medidas no interior de estufas com orientações geográficas diferentes.
- é possível estimar a evaporação e evapotranspiração de referência, dentro da estufa orientada no sentido Norte/Sul, através de dados de Ev e ETo obtidos no interior da Leste/Oeste, e vice-versa.

BIBLIOGRAFIA

- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. *Guidelines for predicting crop water requirements*. Roma: FAO. 1977, 144p. (Irrigation and drainage paper, 24).
- FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p.17-22, 1994..
- GRAAF, R. de. Transpiration and evapotranspiration of the glass house crops. **Acta Horticultural**, The Hague, v. 119, p. 147-158, 1981.
- KLAR, A.E. *A água no sistema solo-planta-atmosfera*. São Paulo, Editora Nobel, 2ª Ed., 1988. 408p.
- KLAR, A.E. & ALVES, D.R.B. Evapotranspiração de referência em túnel de polietileno. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 11, 1996, Vol. 2, p. 179-183.
- MONTERO, J. I.; CASTILLAN, N.; GUTIERREZ de RAVÉ, E.; BRETONES, F. Climate under plastic in the Almeria. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 170, p. 227-234, 1981.
- PRADOS, N. C. Contribucion al estudio de los cultivos enarenados em Almeria: necesidades hídricas y extracción del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno. Tesis Doctoral, Almeria, Espana, 1986. 195p.
- ROSENBERG, N. J.; MCKENNEY, M. S.; MARTIN, P. Evapotranspiration in a greenhouse warmed wold: a review and a simulation. **Agric. For. Meteor.** Amsterdam. v. 47, p. 303-320, 1989.
- STANGHELLINI, C. Evapotranspiration and energy consumption in greenhouses. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 199, p.273-279, 1981.