

**EFEITOS DA COBERTURA PLÁSTICA SOBRE OS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS
E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DE CRISÂNTEMO EM ESTUFA**

**EFFECT OF THE PLASTIC COVERING UPON THE METEOROLOGICAL ELEMENTS
AND EVAPOTRANSPIRATION OF CHRYSANTHEMUM CROP IN A GREENHOUSE**

Marcos Vinícius Folegatti¹, Marcos Eduardo Scatolini², Vital Pedro da Silva Paz³, Antonio Roberto Pereira⁴ e José Antonio Frizzone¹

RESUMO

O gênero crisântemo é originário do Japão, tendo sido introduzido no Ocidente há cerca de 200 anos. É largamente cultivado no Brasil, sendo que o cultivo em vaso ocupa o primeiro lugar no mercado, respondendo por aproximadamente 80% do total. A diversidade de variedades, cores, formas e durabilidade das flores, são motivos de sua aceitação no mercado. É importante monitorar e controlar o ambiente e a irrigação no interior de estufas, principalmente devido às condições de temperaturas elevadas e altos níveis de umidade relativa em determinadas épocas do ano. No entanto, poucas são as informações disponíveis sobre os efeitos da cobertura plástica nos níveis de radiação solar global, temperatura e umidade do ar e de sua influência no consumo de água e desenvolvimento da cultura. O objetivo deste trabalho foi analisar os efeitos da cobertura plástica sobre os elementos meteorológicos do interior da estufa e comparar modelos de estimativa da evapotranspiração da cultura de crisântemo. Os resultados mostraram que a cobertura plástica alterou a quantidade de radiação global no interior da estufa, com valores médios próximos a 63% do total de radiação global externa. Os elementos meteorológicos determinados no interior da estufa permitiram uma melhor estimativa da evapotranspiração através de modelos de regressão, quando comparada à estimada a partir do lisímetro.

Palavras-chave: evapotranspiração, elementos meteorológicos, lisímetro, crisântemo, estufa.

¹ Prof. Associado, Dep. Eng. Rural, ESALQ/USP, Av Pádua Dias, 11. CEP 13418-900, Piracicaba-SP.

² M.Sc. Irrigação de Drenagem, Dep. Eng. Rural, ESALQ/USP, Av Pádua Dias, 11. CEP 13418-900, Piracicaba-SP.

³ Doutor em Irrigação e Drenagem, ESALQ-FAPESP, Av Pádua Dias, 11. CEP 13418-900, Piracicaba-SP.

⁴ Prof. Associado, Dep. Física e Meteorologia, ESALQ/USP, Av Pádua Dias, 11. CEP 13418-900, Piracicaba-SP.

SUMMARY

The chrysanthemum crop is originally from Japan, and it was introduced in America 200 years ago. This crop is largely cultivated in Brazil. The diversity of varieties, colors, shapes and durability, are the reasons for its successful market. The water management and the climatic conditions inside the greenhouse are very important, mainly because of the high temperature, relative humidity in some period of the year. Despite of that, just a few information is available about the plastic cover influence on radiation, temperature and relative humidity and evapotranspiration of the chrysanthemum crop. The aim of this work was to analyze the effect of the plastic covering upon the meteorological elements and to estimate the evapotranspiration of chrysanthemum crop. The results showed that the plastic covering modified the amount of solar radiation inside the greenhouse with values of 63% of the global radiation outside the greenhouse. The estimation of the evapotranspiration using climatic factors measured inside the greenhouse was more reliable.

Key words: evapotranspiration, meteorological elements, lysimeter, chrysanthemum, greenhouse.

INTRODUÇÃO

O estado da água na planta é, provavelmente, o mais importante fator a ser considerado com o objetivo de maximizar a produção e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas. Em culturas de campo o suprimento de água representa o único meio de controle do estado da água. Em culturas de estufa é possível controlar não somente o suprimento de água, mas também o consumo através de sistemas de controle ambiental, principalmente a temperatura, a umidade relativa do ar e a radiação solar global.

O controle eficiente do suprimento e consumo de água em estufas necessita que informações do microambiente, planta e solo sejam fornecidas para que se proporcione condições favoráveis à cultura. A obtenção de dados meteorológicos por sensores e a utilização de microprocessadores possibilitam o monitoramento dessas condições em tempo real, agilizando o processo de tomada de decisão.

A cultura de crisântemo, embora também cultivada em condições de campo, é preferencialmente conduzida em condições meteorológicas controladas, ou seja, em casas de vegetação ou estufas. É considerada uma planta de dias curtos, com período crítico de 13 horas de luz. Além do

comprimento do dia, influenciam no crescimento e florescimento outros elementos meteorológicos como a temperatura e umidade relativa do ar.

É difícil separar a ação de cada um dos elementos meteorológicos na evapotranspiração, pois os mesmos agem simultaneamente. De maneira geral, em uma dada região, quanto maior for a disponibilidade de energia solar, temperatura do ar, velocidade do vento e, quanto menor for a umidade relativa, maior deverá ser a taxa de evaporação/evapotranspiração (VILLA NOVA, 1987).

Segundo JOLLIET (1994), a umidade relativa do ar pode afetar a evapotranspiração pelas interações com a fotossíntese e produção de matéria seca afetando o desenvolvimento do índice de área foliar ou por mudanças na condutância estomática. GISLERÖD et al. (1987) mostraram que houve um decréscimo da taxa de transpiração de cinco espécies cultivadas em estufa, com reduções de 44% a 60%, quando a umidade relativa aumentou de 55% até 95%. JOLLIET & BAILEY (1992) também observaram aumento da transpiração com o do déficit de pressão de vapor, ou seja, com a diminuição da umidade relativa do ar.

A radiação solar é a principal fonte de energia para as plantas e a maior parte dessa energia é convertida em calor, impulsionando o processo de transpiração e alterando a temperatura dos tecidos vegetais com conseqüências para os processos metabólicos (JONES, 1992). Sendo a transpiração das culturas proporcional à radiação solar, diminuições nos níveis de radiação por cortinas ou pintura da cobertura plástica, reduzem as perdas de água e o potencial de produção das culturas (COCKSHULL et al., 1992). Durante o dia a radiação solar líquida sendo positiva faz com que a superfície aqueça a parcela de ar próxima a ela gerando um processo convectivo. Dentro de estufas esse processo é interrompido pela cobertura plástica que impede a ascensão do ar quente, provocando a elevação da temperatura.

O efeito da estufa sobre a temperatura do ar está relacionado com o balanço de energia (MARTINEZ GARCIA, 1978), dependendo, portanto, do tipo de cobertura, do ângulo de incidência da radiação solar, do tipo de solo e, principalmente do tamanho e do volume da estufa (SEEMAN, 1979). FARIAS et al. (1993) verificaram que o maior efeito da cobertura plástica ocorreu sobre as temperaturas máximas, com valores variando de 1,2°C a 4,4°C acima dos observados externamente. Segundo MONTERO et al. (1985), MILLS et al. (1990) e BURIOL et al. (1993), a temperatura mínima do ar no interior de estufas cobertas com polietileno de baixa densidade (PEBD) tendem a ser iguais ou ligeiramente superiores à observada externamente.

FARIAS et al. (1993) verificaram que os valores máximos da umidade relativa foram muito próximos dentro e fora da estufa. Os valores médios também foram semelhantes, observando-se valores internos um pouco superiores aos externos. No entanto, diferenças mais significativas ocorreram em relação à umidade mínima que foi sempre inferior dentro da estufa.

A densidade de fluxo de radiação solar no interior de estufas é menor que a verificada externamente, devido à reflexão e à absorção pelo material da cobertura plástica (SEEMAN, 1979; MARTIN et al., 1982; KURATA, 1990). Os tipos de materiais utilizados, além de causarem a redução da densidade de fluxo de radiação, possuem efeito seletivo permitindo a passagem de certas faixas espectrais e reduzindo a transmitância de outras faixas de comprimento de onda (SEEMAN, 1979). Os filmes plásticos diferem quanto à absorção, reflexão e transmissão das radiações de onda curta e onda longa em função da coloração, opacidade ou transparência. A condensação do vapor d'água sobre a face interna da cobertura também reduz a transmissividade, aumentando consideravelmente a interceptação da radiação de onda longa (AL-RIahi et al., 1989; ROBLEDO DE PEDRO & VICENTE, 1988).

Segundo MARTINEZ GARCIA (1978), em condições de dia claro com radiação difusa correspondendo a 20% do total de radiação no ambiente externo, pode-se observar valores superiores a 60% no interior da estufa. FARIAS et al. (1993) também observaram valores de radiação difusa no interior de estufas maiores que os observados externamente para dias claros. Este efeito é bastante desejável, pois a radiação difusa é mais efetiva para a fotossíntese por ser multidirecional e penetrar melhor entre as plantas, o que pode compensar, em parte, a parcial opacidade do filme plástico à radiação solar (MARTINEZ GARCIA, 1978).

Correlações entre a evapotranspiração e os elementos meteorológicos têm sido determinadas experimentalmente para condições de ambiente protegido. MORRIS et al. (1957), De VILLELE (1974) e YANG et al. (1989) encontraram alta correlação entre a evapotranspiração dentro de estufas e a radiação solar medida acima da cultura. OKUYA & OKUYA (1988) mostraram a existência de alta correlação entre a transpiração e a radiação solar global e o déficit de pressão de vapor dentro da estufa.

Modelos analíticos de estimativa da evapotranspiração foram desenvolvidos para culturas em estufas por YANG et al. (1990) e BOULARD et al. (1991). Esses modelos são baseados em dois grupos principais de variáveis, as meteorológicas (radiação solar global, déficit de pressão de vapor) e as específicas das culturas (resistência do dossel da cultura, índice de área foliar), possibilitando uma avaliação mais precisa do requerimento de água pelas culturas. Porém, apresentam certa restrição de aplicação direta pelos produtores devido à dificuldade de estimativa da temperatura do dossel, resistências do dossel e aerodinâmicas, pois estes fatores são fortemente dependentes das condições meteorológicas.

STANGUELLINI (1989) descreve uma aproximação para a estimativa da transpiração através de um modelo, a partir da temperatura do ar, da umidade relativa do ar e da radiação solar global no interior da estufa. Observou que as taxas de transpiração estimadas à partir de modelos

simplificados diferiram muito pouco dos resultados obtidos por parametrizações mais completas. A taxa de transpiração foi bem caracterizada pela temperatura e pela umidade relativa determinadas internamente e pela radiação solar de onda curta que entrou na estufa.

FYNN et al. (1993) observaram para a cultura de crisântemos cultivados em vasos, que os elementos meteorológicos mais significativos na estimativa da evapotranspiração foram a radiação solar e o déficit de pressão de vapor. A radiação solar foi o principal elemento de controle da resistência estomática, sendo muito alta durante à noite e decrescendo exponencialmente com o aumento da radiação solar. Porém, durante períodos de sombreamento o déficit de pressão de vapor foi o principal fator condicionante da evapotranspiração. O objetivo do presente trabalho foi analisar os efeitos da cobertura plástica sobre os elementos meteorológicos do interior da estufa e comparar modelos de estimativa da evapotranspiração máxima da cultura de crisântemo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado numa área da empresa Schoenmaker-Van Zanter Agrifloricultura Ltda, Arthur Noqueira-SP (latitude: 22°33'S, longitude: 47°10'W, altitude: 600 m), no período de setembro a dezembro de 1995. As estufas utilizadas foram do tipo Capela com cobertura plástica de polietileno de baixa densidade, transparente, de 0,15 mm de espessura e abertura lateral com tela plástica transparente. A orientação da estufa é NW-SE, com módulos múltiplos de 6,40 m de largura e múltiplos de 3,66 m de comprimento, possuindo dimensões de 89,60 m por 62,22 m e pé direito de 5,0 m, correspondendo a uma área total de 5.575 m². A cultura implantada foi o crisântemo variedade Shuriky, espaçada de 0,12 x 0,12 m. As parcelas de produção foram divididas em áreas de 375 m², numa das quais foram instalados os equipamentos para monitoramento dos elementos meteorológicos.

A partir das análises físicas do solo da área experimental, este foi classificado como franco-argilo-arenoso. Foram determinadas também outras características físico-hídricas do solo como densidade global, condutividade hidráulica saturada, velocidade de infiltração e curva de retenção de água.

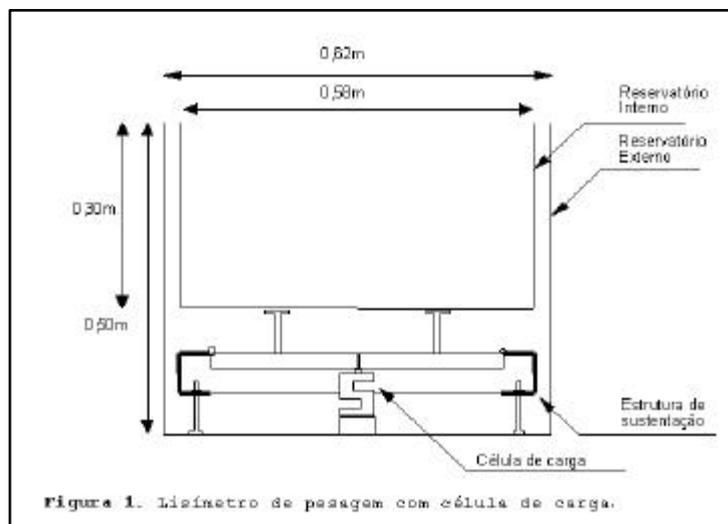
Um sistema de irrigação por aspersão e outro por gotejamento estavam instalados, tendo sido estes criteriosamente avaliados quanto à uniformidade de aplicação de água, de forma a possibilitar um manejo adequado da lâmina de irrigação.

Durante todo o período do experimento as condições meteorológicas foram monitoradas dentro e fora da estufa e as informações coletadas em um "datalogger". A radiação solar global foi determinada por um piranômetro instalado a 1,0 m acima do dossel da planta. A temperatura e a

umidade relativa foram obtidas utilizando um equipamento modelo 41372 “Relative Humidity/Temperature Probe – CS 500 (R.M. Young Company). A evapotranspiração foi determinada em um lisímetro de pesagem com célula de carga (Figura 1). Para monitoramento da água no solo e manejo da irrigação foram utilizados tensiômetros. Foi determinada a área foliar e calculado o índice de área foliar pelo método destrutivo a partir de amostras coletadas em intervalos de 15 dias. Com os valores do índice de área foliar (IAF) foi estabelecida uma equação de regressão para estimativa do valor diário do IAF.

A partir dos dados coletados através do “datalogger”, com leituras a cada segundo e médias armazenadas a cada trinta minutos, dos elementos meteorológicos e do lisímetro, foram relacionadas as seguintes informações no interior e no exterior da estufa: temperaturas máxima, média e mínima (°C), umidades relativas do ar máxima, média e mínima (%) e radiação solar global total ($M.J.m^{-2}.dia^{-1}$).

Para a elaboração de modelos de regressão matemática foram utilizadas as informações meteorológicas diárias coletadas, a evapotranspiração determinada pelo lisímetro e o IAF. A evapotranspiração determinada pelo lisímetro de pesagem foi considerada como a variável dependente e os demais fatores como variáveis independentes.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

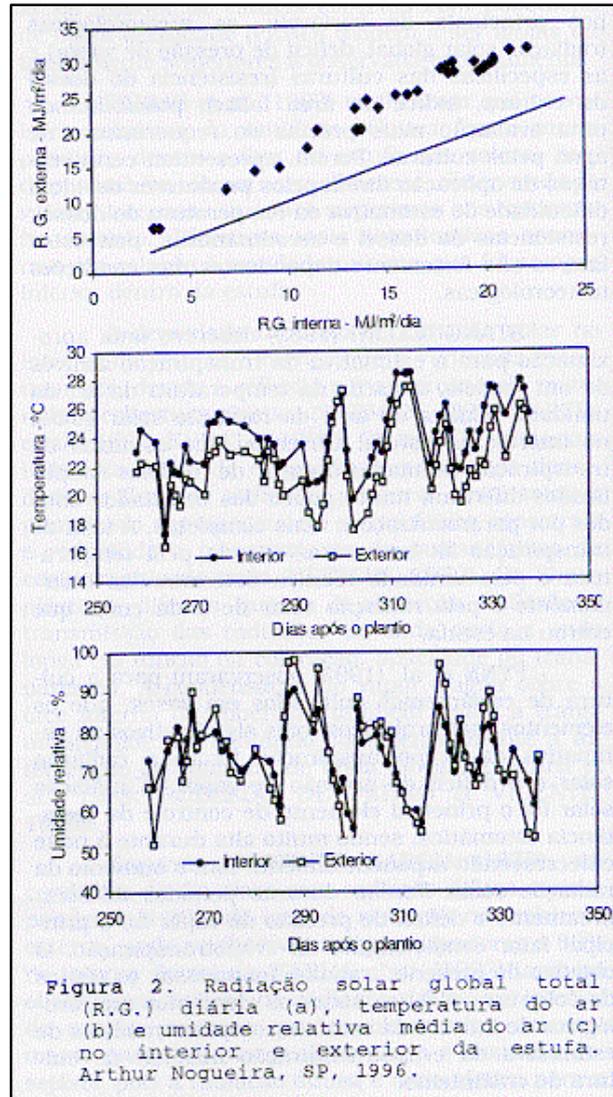
Durante o experimento observou-se grande amplitude nos valores de radiação solar global, temperatura do ar e umidade relativa determinados fora e dentro da estufa. Em média, 37% da radiação solar global foi perdida por reflexão ou absorção, ou seja, 63% da radiação chegou até o dossel da cultura (Figura 2), configurando a influência da cobertura plástica. A razão entre os totais diários de radiação interna e externa variou entre 48% e 71%. Estes valores são inferiores aos

observados por GRAFIADELLIS (1985) e FARIAS et al. (1993) para cobertura em polietileno de baixa densidade e 0,150 mm de espessura. O principal fator que condicionou essa redução no total de radiação no interior da estufa foi a utilização de uma mistura de água e cola para a pintura da cobertura, com a finalidade de reduzir a transmissividade à radiação solar.

Quanto à temperatura do ar, para os valores obtidos dentro da estufa observou-se variação entre 20,9°C e 42,2°C para a máxima, 17,3°C e 28,5°C para a média e 12,2°C e 22,1°C para a mínima. Para a temperatura do ar fora da estufa, os valores variaram entre 19,4°C e 35,5°C para a máxima, 16,5°C e 27,5°C para a média e 11,7°C e 21,8°C para a mínima. Os valores de temperatura do ar observados dentro da estufa foram sempre superiores aos observados no exterior (Figura 2). Os valores da temperatura máxima, média e mínima do ar foram, em média, 14,8%, 8,5% e 5,9% maiores no interior da estufa em relação ao exterior. MONTERO et al. (1985) e BURIOL et al. (1993) relatam que a temperatura mínima do ar no interior de estufas cobertas com polietileno de baixa densidade, normalmente tendem a ser iguais ou ligeiramente superiores à observada externamente. MONTERO et al. (1985) e MILLS et al. (1990) observaram valores de temperatura média do ar maiores no interior da estufa.

Quanto à umidade relativa média do ar, observou-se que nos dias com umidade relativa do ar baixa os valores medidos do interior da estufa foram superiores aos medidos externamente. No entanto, para dias com umidade relativa alta, os valores internos foram inferiores. Verificou-se menor amplitude de umidade relativa do ar no interior da estufa devido ao manejo das cortinas e à baixa renovação do ar no interior da estufa (Figura 2). FERNANDES (1996) observou valores de umidade relativa no interior da estufa ligeiramente superiores aos observados externamente, no entanto, menor amplitude dos valores internos.

As determinações da evapotranspiração pelo lisímetro de pesagem variaram bastante, com valor mínimo de 0,9 mm/dia e máximo de 5,4 mm/dia (Figura 3). Os menores valores foram observados em dias com baixos níveis de radiação solar global, elevados níveis de umidade relativa do ar e baixa temperatura média do ar. Os maiores valores ocorreram em dias com características inversas de radiação solar, umidade relativa e temperatura do ar (Figura 2).



A partir dos dados coletados foram estabelecidos modelos de regressão linear múltipla para estimativa da evapotranspiração da cultura de crisântemo. Além dos elementos meteorológicos internos e externos à estufa, foram considerados os dados de DAP (dias após o plantio) como característica do índice de área foliar (IAF). A equação que representa o IAF em função do DAP é a seguinte:

$$IAF = 0,0705 \cdot DAP \quad (1)$$

com coeficiente de determinação $R^2 = 0,987$.

Os modelos de regressão com os dados externos apresentaram coeficientes de determinação (R^2) entre 0,66 e 0,80 e os modelos com os dados internos apresentaram coeficientes (R^2) variando de 0,77 a 0,81 (Tabela 1).

Para verificar a validade dos modelos de regressão ajustados, foi estimada a evapotranspiração da cultura de crisântemo utilizando elementos meteorológicos obtidos em dias diferentes daqueles que forneceram dados para o modelo. Como referência para análise de validade dos modelos de regressão considerou-se o coeficiente de correlação (R^2) e o índice de concordância de WILLMOTT (1982) entre os valores estimados e observados.

Analisando os modelos de regressão para as condições externas, observa-se que o coeficientes de determinação não são elevados, variando entre 0,62 e 0,78, (Tabela 2). O coeficiente de determinação no MOD. 7 que utiliza apenas os dados de radiação solar global e dias após o plantio, sendo um dos mais elevados ($R^2=0,76$), indica que as condições externas de temperatura e umidade relativa do ar não são tão uniformes como no interior da estufa, dificultando a estimativa da evapotranspiração com os elementos meteorológicos externos. A análise do índice de concordância (d) mostra que, embora seus valores sejam elevados, o que é uma característica do método, há concordância em relação aos coeficientes de determinação. Pode-se verificar que os melhores resultados são obtidos com os modelos que utilizam a radiação solar global, a temperatura e dias após o plantio. A Figura 4 mostra a relação entre os valores de evapotranspiração estimados e observados para as condições externas à estufa.

Tabela 1 - Modelos de regressão da evapotranspiração da cultura de crisântemo, em função dos elementos meteorológicos no interior e fora da estufa.

Modelo	Equação	R^2
Externos		
MOD. 1	ET=4,10+0,268RGE-0,033URMAE+0,066URMIE-0,010TEMAE+195TEMIE-0,015DAP	
	ET=5,04+0,154RGE+0,028URMEE+0,159TEMEE-0,008DAP	0,80
MOD. 2	ET=5,81+0,22RGE-0,095URMAE+0,060URMIE-0,011DAP	0,72
MOD. 3	ET=0,16+0,209RGE-0,150TEMAE+0,250TEMIE-0,010DAP	0,72
MOD. 4	ET=1,15+0,132RGE-0,005URMEE-0,003DAP	0,76
MOD. 5	ET=-0,99+0,125RGE+0,092TEMEE-0,005DAP	0,67
MOD. 6	ET=0,69+0,138RGE-0,003DAP	0,70
MOD. 7		0,66
Internos		
MOD. 8	ET=-1,04+0,173RGI-0,020URMAI-0,001URMII+0,053TEMAII+0,051TEMII+0,015DAP	0,81
MOD. 9	ET=-0,63+0,152RGI-0,016URMEI+0,069TEMEI+0,017DAP	0,79
MOD. 10	ET=4,48+0,177RGI-0,053URMAI-0,022URMII+0,018DAP	0,79
MOD. 11	ET=-3,49+0,173RGI+0,064TEMAI+0,061TEMII+0,014DAP	0,80
MOD. 12	ET=1,98+0,150RGI-0,030URMEI+0,019DAP	0,79
MOD. 13	ET=-2,58+0,164RGI+0,098TEMEI+0,016DAP	0,79
MOD. 14	ET=-0,54+0,181RGI+0,018DAP	0,77

ET - Evapotranspiração, mm.dia⁻¹; RGI - Radiação solar global interna, MJ.m⁻².dia⁻¹; RGE - Radiação solar global externa, MJ.m⁻².dia⁻¹; URMEI - Umidade relativa média interna, %; URMEE - Umidade relativa média externa, %; TEMEI - Temperatura média interna, °C; TEMEE - Temperatura média externa, °C; TEMAI - Temperatura máxima interna, °C; TEMAIE - Temperatura máxima externa, °C; TEMII - Temperatura mínima interna, °C; TEMIE - Temperatura mínima externa, °C; DAP - dias após o plantio.

Tabela 2 - Índice de concordância (d) e coeficientes de determinação (R^2) da estimativa da evapotranspiração a partir dos modelos de regressão.

Modelo	Índice de concordância (d)	Coefficiente de determinação (R^2)
Condições externas		
MOD. 1	0,85	0,62
MOD. 2	0,88	0,68
MOD. 3	0,88	0,72
MOD. 4	0,89	0,73
MOD. 5	0,89	0,78
MOD. 6	0,90	0,77
MOD. 7	0,90	0,76
Condições internas		
MOD. 8	0,96	0,86
MOD. 9	0,96	0,87
MOD. 10	0,97	0,87
MOD. 11	0,96	0,85
MOD. 12	0,97	0,87
MOD. 13	0,96	0,86
MOD. 14	0,96	0,86

Para as condições no interior da estufa, observa-se que os coeficientes de determinação são bastantes semelhantes e superiores em relação aos obtidos para as condições externas e, quanto ao índice de concordância, os valores são elevados e próximos do coeficiente de determinação, (Tabela 2).

As Figuras 4 e 5 mostram a relação entre os valores de evapotranspiração estimados e observados para as condições externas à estufa e no interior.

Os modelos de regressão a partir dos elementos meteorológicos obtidos no interior da estufa superestimam a evapotranspiração em 2%, em média, com relação à observada, enquanto que os modelos a partir dos dados medidos no exterior superestimam em +15% a 18% .

CONCLUSÕES

- 1) Os elementos meteorológicos determinados no interior da estufa são os que permitem uma melhor estimativa da evapotranspiração através de modelos de regressão;
- 2) A radiação solar global é o elemento meteorológico mais importante na estimativa da evapotranspiração da cultura em estufa;
- 3) Os elementos meteorológicos medidos no exterior da estufa superestimam a evapotranspiração da cultura.

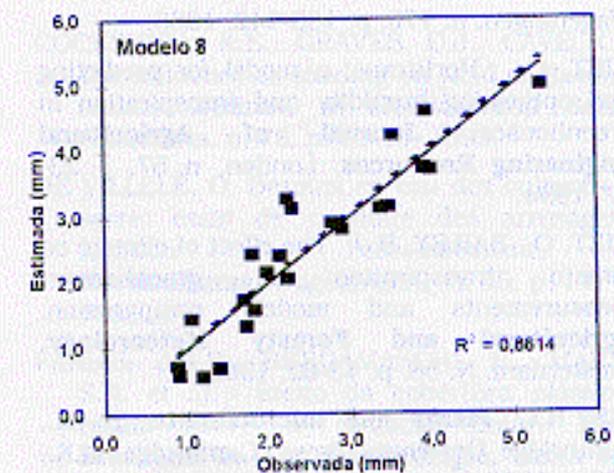
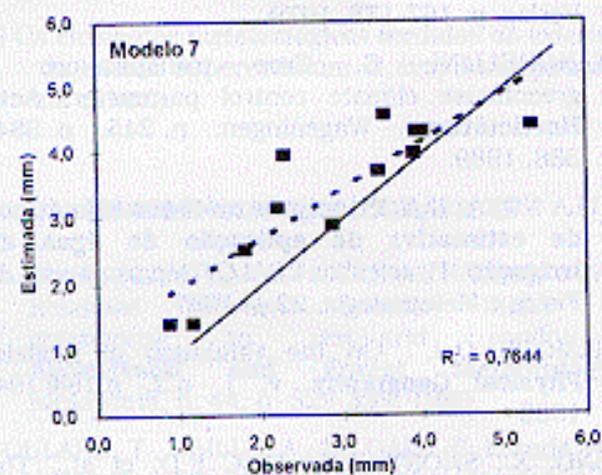
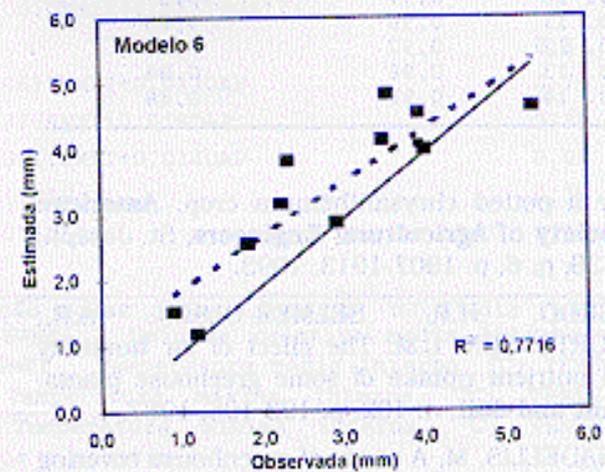
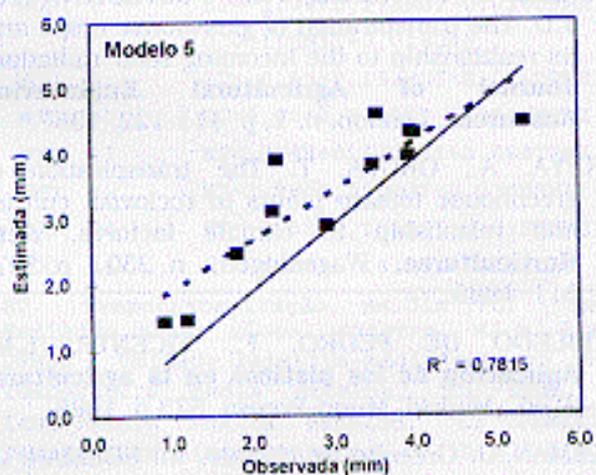
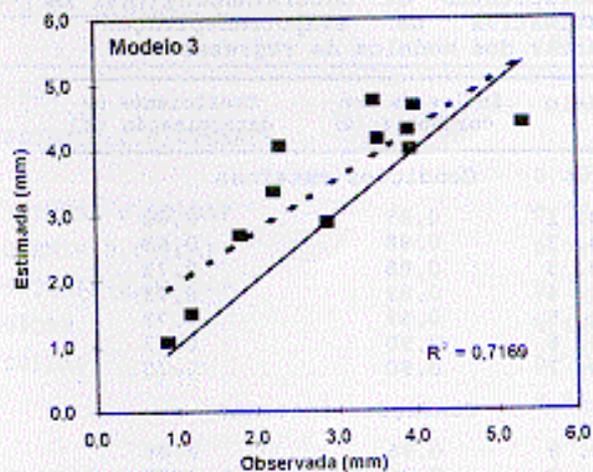
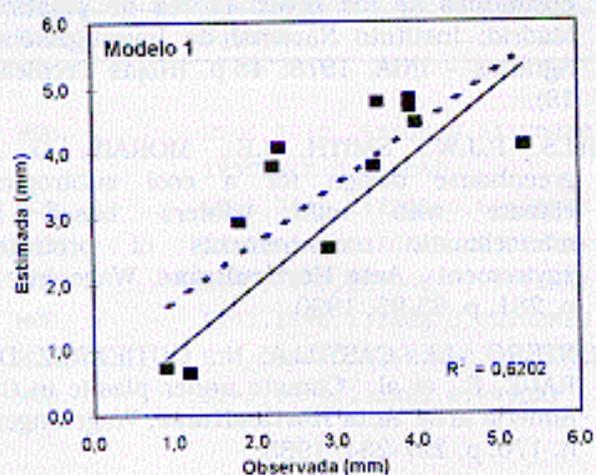


Figura 4. Relação entre valores de evapotranspiração estimada e observada a partir de elementos meteorológicos externos (--- regressão; — 1:1). Arthur Nogueira, SP, 1996.

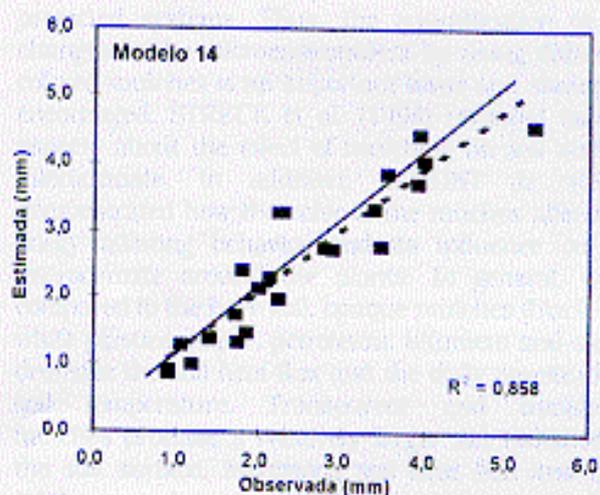
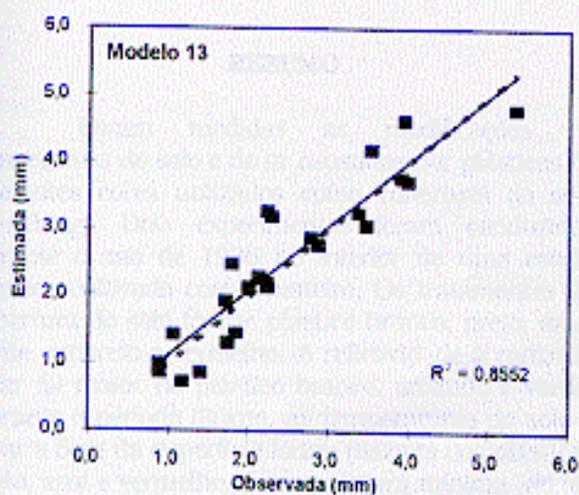
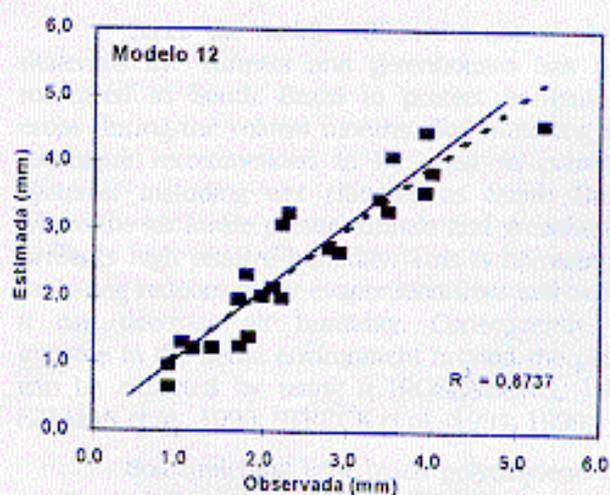
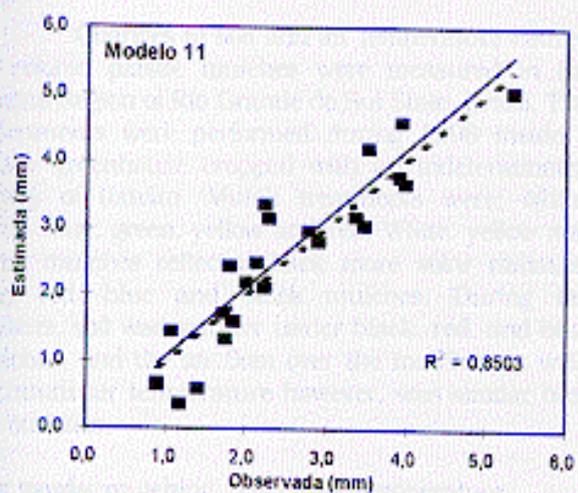
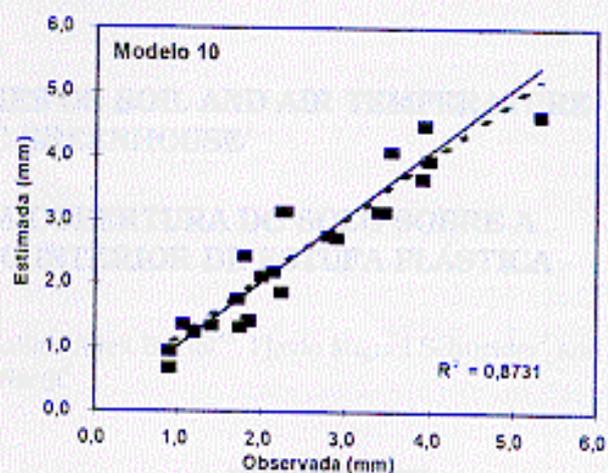
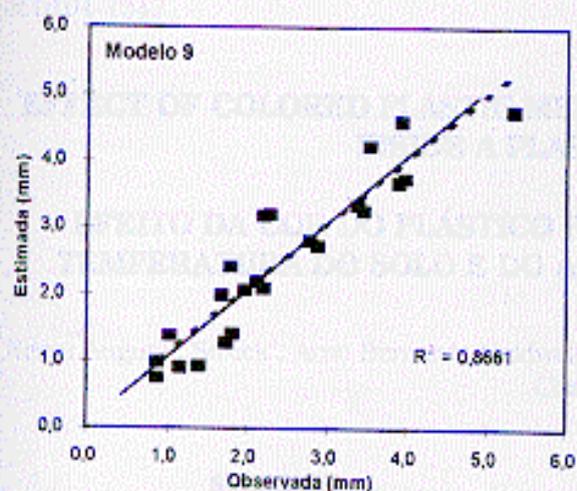


Figura 5. Relação entre valores de evapotranspiração estimada e observada a partir de elementos meteorológicos internos (----- regressão ——— 1:1) Arthur Nogueira, SP, 1996.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-RIahi, M., AL-KARAGHOULI, A., HASSON, A.W. Relations between radiation fluxes of greenhouse in semi-arid conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Alexandria, n. 44, p. 329-338, 1989.
- BOULARD, T., BAILLE, A., LE GALL, F. Etude des différents méthodes de refroidissement sur le climat et la transpiration de tomates sous serre. **Agronomie**, Versailles, n. 11, p. 534-553, 1991.
- BURIOL, G.A., SCHNEIDER, F.M., ESTEFANEL, V. et al. Modificação na temperatura mínima do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 43-49, 1993.
- COCKSHULL, K.E., GRAVES, C.J., CAVE, C.R.J. The influence os shading on yield of glasshouse tomato. **Journal of Horticultural Science**, Alexandria, n. 76, p. 11-24, 1992.
- DE VILLÈLE, O. Besoins en eau des cultures sous serre: essai de conduite des arrosages en fonction de l'ensoleillement. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 35, p. 147-158, 1981.
- FARIAS, J.R.B., BERGAMASCHI, H., MARTINS, S.R. et al. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 31-36. 1993.
- FERNANDES, A. L. T. **Monitoramento da cultura do crisântemo em estufa através do uso de lisímetro e estação agrometeorológica automatizados**. Piracicaba: USP, 1996. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1996.
- FYNN, R.P., AL-SHOOSHAN, A., SHORT, T.H. et al. Evapotranspiration measurement and modeling for a potted chrysanthemum crop. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 36, n. 6, p. 1907-1913, 1993.
- GISLEROD, H.R., SELMER-OLSEN, A.R., MORTENSEN, L.M. The effect of air humidity on nutrient uptake of some greehouse plants. **Pant and Soil**, n. 102, p. 193-196, 1987.
- GRAFIADELLIS, M. A study of greenhouse covering plastic sheets. **Acta horticulturae**, Wageningen, n. 170, p. 133-142. 1985.
- JOLLIET, O. Hortitrans, a model for predicting and optimizing humidity and transpiration in greenhouses. **Journal of Agricultural Engineering Resources**, London, n. 57, p. 23-37, 1994.
- JOLLIET, O., BAILEY, B.J. The effect of climate on tomato transpiration in greenhouses: measurements and models comparasion. **Agricultural and Foresty Meteorology**, Amsterdam. N. 58, p. 43-62, 1992.

- JONES, H.G. **Plants and microclimate**. 2. ed., Cambridge University Press. Cambridge, U.K., 429 p. 1992.
- KURATA, K. Role of reflection in light transmissivity of greenhouses. **Agricultural and Forestry Meteorology**, Amsterdam, n. 52, p. 319-331, 1990.
- MARTIN, E.C., NOVOA, A.C., GOMES, S.J. Estudio comparativo de las propiedades de diversos materiales como cubierta en cultivos protegidos. **Revista de Plásticos Modernos**, n. 308, p. 185-189, 1982.
- MARTINEZ GARCIA, P.F. **Características climáticas de los invernaderos de plástico**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias – INIA, 1978, 48 p. (Hojas Técnicas, 19).
- MILLS, P.J.W., SMITH, I.E., MORAIS, G. A greenhouse design for a cool subtropical climate with mild winters based in microclimatic measurements of protected environments. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 281, p. 83-93, 1990.
- MONTERO, J.I., CASTILLA, N., GUTIERREZ DE RAUÉ, E., et al. Climate under plastic in the Almeria area. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 170, p. 227-234, 1985.
- MORRIS, L. G., NEALE, F.E., POSTLETHWAITE, J.D. The transpiration of glasshouse crops and its relationship to the incoming solar radiation. **Journal of Agricultural Engineering Resources**, London, n. 2, p. 111-122, 1957.
- OKUYA, A., OKUYA, T. The transpiration of greenhouse tomato plants in rockwool culture and relationship to climate factors. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 230, p. 307-311, 1988.
- ROBLEDO DE PEDRO, F., VICENTE, L.M. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. 2. ed., Madrid, Mund-Prensa, 573 p. 1988.
- SEEMAN, J. Greenhouse climate. In: SEEMAN, J. et al. **Agrometeorology**, New York, Springer-Verlag, p. 167-178, 1979.
- STANGHELLINI, G. Crop transpiration: A greenhouse climate control parameter. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 245, p. 384-388, 1989.
- VILLA NOVA, N.A. **Principais métodos climáticos de estimativa de aplicação de água de irrigação**. Piracicaba. ESALQ/Departamento de Física e Meteorologia, 22 p. 1987.
- WILMOTT, C.J. On the validation of models. **Physical Geography**, v. 1, n.2, p.184-194. 1982
- YANG, X., SHORT, T.H., FOX, F.D. et al. The microclimate and transpiration of a greenhouse cucumber crop. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 32, n. 2, p. 2143-2150. 1989.

YANG, X., SHORT, T.H., FOX, F.D. et al. Transpiration, leaf temperature and stomatal resistance of a greenhouse cucumber crop. **Agricultural and Foresty Meteorology**, Amsterdam, n. 51, p. 197-209, 1990