

ISSN 0104-1347

Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura do pimentão em estufa plástica¹

Maximum evapotranspiration and crop coefficient of sweet pepper in plastic greenhouse.

Genei Antonio Dalmago², Arno Bernardo Heldwein³, Galileo Adeli Burio³, Jovani Luzza²,
Ivonete Fátima Tazzo⁴ e Gustavo Trentin⁴

Resumo - Um experimento foi conduzido para determinar a evapotranspiração máxima (ET_m) e o coeficiente de cultura (K_c) para o pimentão (*Capsicum annuum*, L.) cultivado em estufa plástica. A ET_m foi determinada diariamente desde o transplante das plantas até o final da colheita dos frutos através de dois tipos de lisímetros de drenagem. As plantas foram conduzidas em haste única e os ramos laterais foram podados após a fixação do primeiro fruto. O espaçamento foi de 0,30m entre plantas e 1m entre linhas. A ET_m acompanhou o incremento do índice de área foliar (IAF) até o valor máximo do mesmo e após apresentou tendência decrescente com valores próximos a 1mm dia⁻¹ ao final do período experimental. O maior valor de ET_m diário, medido aos 54 dias após o transplante (DAT), foi de 3,6mm. A ET_m totalizou 136mm com média diária de 1,21mm para um ciclo de 112 dias. A maior média diária de ET_m ocorreu no subperíodo início do florescimento ao início da colheita (1,65mm dia⁻¹). O K_c variou entre o valor mínimo de 0,02 logo após o transplante e o máximo de 1,57 aos 115 DAT. Após os 55 DAT, quando o IAF estabilizou, a tendência do K_c manteve-se em torno de 1,0 embora ocorresse significativa variação entre os dias. A ET_m foi menor daquela encontrada na literatura para o ambiente externo, enquanto os valores de K_c foram semelhantes daqueles encontrados na literatura para o ambiente externo em outros locais, exceto no período inicial, quando provavelmente a cobertura dos camalhões com mulching restringiu a evaporação na superfície do solo.

Palavras-chave: *Capsicum annuum*, coeficiente de cultura, evapotranspiração, ambientes protegidos.

Abstract - An experiment was carried out in order to determine the maximum evapotranspiration (ET_m) and the crop coefficient (K_c) of sweet pepper grown inside plastic greenhouse. ET_m was measured on a daily basis from transplanting to the end of fruit harvesting with two types of drainage lysimeters. Plants were conducted with one stem and lateral shoots were removed from the plant after the first fruit was set. Plants were spaced 0.30 m among plants and 1.0 m among rows. ET_m increased as the leaf area index (LAI) increased until LAI was maximum, decreasing afterwards until a value of 1.0 mm day⁻¹ at the end of the experiment. The maximum ET_m was 3.6 mm day⁻¹. During a 112-day period, the total ET_m was 136 mm and the mean ET_m was 1.21 mm day⁻¹. The highest daily ET_m occurred during the beginning of flowering – beginning of harvesting sub-period (1.65 mm day⁻¹). K_c varied from 0.02 to 1.5, with an average value of 1.0 after 55 days after planting when LAI was constant. ET_m values obtained in this study are smaller than the values usually reported in the literature for a sweet pepper crop grown in open field and other locations, except at the initial growth period when the evaporation at soil surface was reduced by mulching cover.

Key words: *Capsicum annuum*, water use, crop coefficient, evapotranspiration, protected crops.

¹Trabalho financiado pela FAPERGS e pela Petroquímica Triunfo S. A.

²Eng. Agr., Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM, bolsista do CNPq.

³Prof. Tit., Dr, Dep. de Fitotecnia – UFSM, 97105-900 Santa Maria-RS, heldwein@creta.ccr.ufsm.br, bolsista do CNPq.

⁴Aluno do Curso Graduação em Agronomia, UFSM, bolsista BIC/FAPERGS.

Introdução

A evapotranspiração máxima de uma cultura (ET_m) é função da interação de vários fatores relacionados à planta, ao solo e às condições meteorológicas (BERNARDO, 1989). A cobertura plástica de uma estufa e o manejo das suas aberturas interferem no crescimento e desenvolvimento das plantas e no ambiente, alterando as relações entre essas variáveis no seu interior. Com isso, os parâmetros conhecidos para o manejo das plantas cultivadas no ambiente externo não são confiáveis quando aplicados, com o mesmo objetivo, àquelas conduzidas no interior de um ambiente parcialmente modificado. A modificação da demanda hídrica atmosférica no interior da estufa, por exemplo, impossibilita o manejo adequado da irrigação às plantas com base nos parâmetros determinados a campo, como é o caso do coeficiente de cultura (K_c).

O K_c pode variar em função de fatores como tipo de planta, época de semeadura, densidade de plantas, local de cultivo, condições meteorológicas, crescimento vegetativo, estágio de desenvolvimento das plantas e condições de preparo do solo e cultivo (semeadura direta na palha ou não, com ou sem controle de invasoras), bem como, pode integrar o efeito de todos eles (PIRES et al., 2000). Por isso, o K_c de uma cultura conduzida na condição de um ambiente parcialmente modificado precisa ser determinado, uma vez que, segundo BERGAMASCHI et al. (1992), sua aplicação se restringe às culturas e condições para as quais ele foi determinado. Os valores do K_c determinados por CARON & HELDWEIN (2000) para a cultura do meloeiro em estufa plástica, podem ser considerados resultados que confirmam as afirmações acima, pois, ao longo de todo o ciclo da cultura, foram menores do que aqueles publicados na literatura para as condições de campo em diferentes locais.

Em estufas plásticas ocorre redução da demanda hídrica atmosférica, a qual alcança uma magnitude entre 50% e 70% em relação ao ambiente externo (REISSER Jr. 1991; FARIAS et al., 1994; BURIOL et al., 2001, HELDWEIN et al., 2001), sendo a mesma dependente das condições meteorológicas que predominam em cada um dos subperíodos de desenvolvimento da cultura. Na primavera, nas condições climáticas da Região Central do Rio Grande do Sul (RS), a ET_m do tomateiro (DALSSASSO et al., 1997) e do meloeiro (CARON & HELDWEIN, 2000) cultivados em estufa plástica foi, respectivamente, 38% e 85%, superior daquela observada no outono. No ou-

tono a diminuição da necessidade hídrica das espécies cultivadas em estufas pode ser atribuída principalmente, à redução da demanda evaporativa atmosférica e ao aumento do tempo que as aberturas laterais da estufa permaneceram fechadas com a aproximação do inverno (DALSSASSO et al., 1997), enquanto os maiores valores médios da ET_m observados na primavera podem ser atribuídos ao aumento concomitante da demanda hídrica atmosférica e do índice de área foliar (IAF) no decorrer da evolução do ciclo.

A cultura do pimentão (*Capsicum annum*, L.) é uma alternativa rentável de cultivo em estufa plástica no Sul do Brasil durante o período de entressafra, mas, poucas informações existem a respeito do manejo hídrico que deve ser adotado para a espécie neste ambiente. Essas informações são imprescindíveis, pois a suplementação hídrica é um dos fatores mais importantes que interfere na produtividade e na qualidade de frutos. A cultura do pimentão não tolera excesso de umidade no solo. Também é afetada negativamente pela deficiência hídrica, principalmente, no período da floração-frutificação, no qual mais necessita de água. Na restrição hídrica, o número de flores e de frutos, o tamanho dos frutos e a acumulação de matéria seca são menores do que em disponibilidade hídrica adequada (CAIXETA, 1984). Quando ocorre excesso de umidade no solo na fase de floração, grande parte das flores podem não ser fertilizadas (CERMENO, 1978). Portanto, o estresse por falta ou excesso de umidade no solo, reduz a produtividade da cultura, sendo fundamental que a irrigação seja realizada a partir de critérios técnicos, adequadamente definidos para a condição de cultivo da estufa plástica, com quantidade de água adequada, principalmente nos subperíodos de desenvolvimento mais críticos. Por isso, o objetivo deste trabalho foi determinar a ET_m e o K_c da cultura de pimentão cultivado em estufa plástica.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido numa estufa plástica, localizada junto ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29°43'23"S, longitude: 53°43'15"W e altitude: 95m), no período de 15/02 a 02/06/2000. O clima da região, segundo a classificação de KÖPPEN é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes (MORENO, 1961). O solo foi classificado como "Argissolo Vermelho Distrófico Arênico" (EMBRAPA, 1999).

A estufa plástica possuía 24m de comprimento (Norte – Sul) e 10m de largura, com altura de 3m na parte central e 2m de pé-direito. A cobertura apresentava formato em arco, recoberta por filme plástico transparente de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 100 μ de espessura. As laterais, fixas até um metro acima do nível do solo e as cortinas móveis acima deste nível, bem como as portas e as extremidades Norte e Sul foram fechadas com o mesmo filme plástico. O manejo das cortinas e portas nas extremidades para a ventilação foi realizado conforme a condição meteorológica do dia. Nos dias ensolarados a estufa foi aberta cerca de 15 a 30 minutos após o nascer-do-sol e fechada no por-do-sol. Nos dias frios a abertura das cortinas da estufa ocorreu por volta de 9 horas e o fechamento em torno de 14 horas em dias nublados e cerca de duas horas antes do por do sol em dias límpidos. Ao longo do dia, durante os períodos com ocorrência de precipitação ou de vento forte, cujas rajadas a 10 de altura ultrapassassem 20m s⁻¹, as mesmas permaneciam totalmente fechadas ou apenas abria-se a porta do lado oposto à direção do vento.

As plântulas de pimentão, híbrido VIDI F1, foram transplantadas sobre camalhões construídos com aproximadamente 0,10m de altura e 0,30m de largura, recobertos com “mulching” de filme opaco de PEBD de cor preta. O espaçamento foi de 0,30m entre plantas e 1,0m entre fileiras, obtendo-se 10 fileiras de plantas na estufa, as quais ficaram orientadas no sentido do comprimento da mesma. As plantas foram conduzidas em haste única, tutoradas por um fio de ráfia. As demais hastes foram despontadas após a primeira bifurcação, deixando-se no mínimo sete folhas, incluindo a folha inserida na bifurcação, e um, eventualmente dois, frutos. Também se realizou desbrota total dos ramos emergentes nas axilas das folhas. O controle de pragas e doenças foi eventual, sendo realizado somente quando necessário.

A *ETm* do dossel de plantas foi determinada, em base diária (mm dia⁻¹), através de lisimetria. Utilizaram-se dois tipos de lisímetros de drenagem, num total de 11 repetições, que constituíram de oito minilímetros (*ML*), preenchidos com solo, conforme NIED et al. (1998) e de três lisímetros com substrato (*LS*), conforme VALANDRO et al. (1999). A utilização destes dois tipos de lisímetros baseou-se na elevada relação apresentada entre a *ETm* da cultura de pimentão determinada nos mesmos (DALMAGO et al., 2001), obtendo-se assim maior representatividade dos dados dentro da possível vari-

abilidade espacial, principalmente devido ao sombreamento temporário causado pela estrutura de suporte da cobertura da estufa.

Os *ML* foram instalados no alinhamento e altura do camalhão, sob o “mulching” para reduzir evaporação de água na superfície do solo, sempre ocupando o lugar de uma planta dentro da respectiva fileira. No centro de cada *ML* foi transplantada uma planta e, a uma distância horizontal de 0,10m da mesma, na profundidade de 0,10m, foi instalado um tensiômetro para o monitoramento diário do potencial matricial da água no solo (*Ym*). Pela curva característica de água no solo, elaborada por CARON & HELDWEIN (2000) para o solo do mesmo local, determinou-se sua umidade a partir do *Ym* (hPa). A variação de armazenamento de água (*DA*) foi determinada para a camada de solo 0 - 0,10m na 1^a e 2^a semanas; 0 - 0,15m na 3^a; 0 - 0,20m na 4^a e 0 - 0,30m de profundidade nas demais semanas após o transplante. O valor de *DA* para o dia “n” foi calculado pela diferença entre o armazenamento da água no solo determinado na manhã do dia “n+1” e no dia “n”.

Os *ML* foram irrigados manualmente e o volume de água foi quantificado com uma proveta. A tomada de decisão para irrigar ou não e a lâmina de água a ser fornecida no dia, foram definidas com base no *Ym* a 0,10 m de profundidade, condições de demanda hídrica atmosférica no momento da irrigação e crescimento das plantas, conforme os critérios adotados por DALSASSO et al. (1997), mantendo-se o *Ym* entre -100 e -400hPa no interior dos *ML*. A drenagem na base dos *ML* foi realizada através de um sistema extrator a vácuo, sendo a água extraída do solo através de cápsulas porosas instaladas no fundo dos *ML* e conectadas à bomba de vácuo e ao reservatório coletor por meio de tubos indeformáveis de nylon. A *ETm* foi calculada através da equação do balanço hídrico do solo (DALMAGO et al., 2001). No solo, as plantas foram irrigadas por gotejamento sob “mulching” plástico adotando-se os mesmos critérios que para os *ML*.

Nos *LS*, devido ao pequeno volume de substrato, realizaram-se duas irrigações diárias com solução nutritiva adaptada para a cultura do pimentão (DALMAGO, 2001). A primeira, foi feita pela manhã, entre 08h e 08h e 30min e a Segunda, no início da tarde. O volume de água fornecido foi determinado pelo tempo necessário para a saturação do substrato, a qual ocorria cerca de 2min após o início da drenagem do excesso de água. O mesmo foi

quantificado pela diferença de nível no reservatório da solução, medido num visor tubular externo, fixado sobre uma régua graduada em mm. A ET_m nos LS do dia “n” foi determinada pela diferença entre o volume irrigado e drenado da segunda irrigação do dia “n” somada à diferença da primeira irrigação do dia “n+1”. A construção dos ML e LS , bem como a sistemática de instalação, manutenção e manejo dos mesmos, são descritos em DALMAGO et al. (2001).

A cada sete dias foi medido o comprimento máximo (cm) de todas as folhas em cinco plantas cultivadas nos ML e três plantas nos LS , calculando-se a respectiva área foliar através de uma função potencial (DALMAGO, 2001) e, com isso, determinou-se o índice de área foliar (IAF) em cada meio de cultivo. No mesmo intervalo de tempo e nas mesmas plantas, determinou-se a altura (Alt_{pl}) e o número de folhas (N_f). Os valores diários de IAF , Alt_{pl} e N_f foram obtidos por interpolação a partir do ajuste de equações em função dos dias após o transplante (DAT). Aos 64 e 94 DAT foram retiradas folhas senescentes e com sintomas de incidência de doenças. Determinou-se também, a data média da abertura da primeira flor e do início da colheita dos frutos para caracterizar os subperíodos do transplante ao início do floração ($T-IF$), início do floração ao início da colheita ($IF-IC$) e início da colheita ao final da colheita ($IC-FC$).

No interior da estufa, num abrigo meteorológico a 1,5m acima do solo, e na estação meteorológica, instalada a cerca de 100m de distância da estufa, registrou-se continuamente a temperatura e a umidade relativa do ar com termohigrógrafo. Com base nessas variáveis calculou-se o déficit de saturação do ar (D_s). Pela razão entre o valor medido da ET_m e a evapotranspiração de referência (ET_o), ambas em $mm\ dia^{-1}$, calculou-se o K_c diário e seu valor médio para cada um dos três subperíodos. A ET_o foi estimada pelo método de Penman-Monteith, conforme PEREIRA et al. (1997) a partir dos elementos meteorológicos medidos e registrados na estação meteorológica, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura.

A análise da evolução da ET_m foi considerada a partir da 2ª semana após o transplante, momento em que as plantas estavam bem estabelecidas. Durante o ciclo de avaliação, aos 76, 77 e 78 DAT , a determinação da ET_m foi considerada incorreta em todas as repetições, sendo seus valores excluídos da análise. Tal decisão foi tomada devido a inconsistên-

cia dos dados decorrente da falta registro e manejo inadequado das aberturas das estufas por parte do plantonista, em virtude da ocorrência de períodos intermitentes de fortes rajadas de vento nesses três dias feriados da Semana Santa, bem como devido ao provável transbordamento da solução drenada nos recipientes de coleta, em função da irrigação excessiva.

Resultados e discussão

A evapotranspiração máxima (ET_m) diária no início do período experimental foi baixa (Figura 1), sendo inferior a $0,5mm\ dia^{-1}$ até os 20 dias após o transplante (DAT). Isso ocorreu em consequência principalmente do baixo IAF da cultura, da redução da evaporação de água na superfície do solo, causada pelo “mulching” plástico sobre o camalhão, e da ocorrência de um período chuvoso do 15º ao 20º DAT , com a redução da radiação solar (R_g) e do déficit de saturação do ar (Figura 2) e, conseqüentemente, da demanda hídrica atmosférica. O aumento da ET_m observado na seqüência, foi em função das condições de demanda hídrica atmosférica favoráveis e da elevação do IAF . O valor máximo da ET_m diária ($3,6mm$) ocorreu aos 54 DAT , decorrente, principalmente, do aumento do déficit de saturação de vapor d’água médio (D_s) no interior da estufa (Figura 2), conforme demonstraram OKUYA & OKUYA (1988), NERDERHOFF et al. (1992) e FYNN et al. (1993). Após isso, a ET_m apresentou tendência de decréscimo progressivo até apresentar valores oscilando próximos a $1mm\ dia^{-1}$ no final do período experimental,

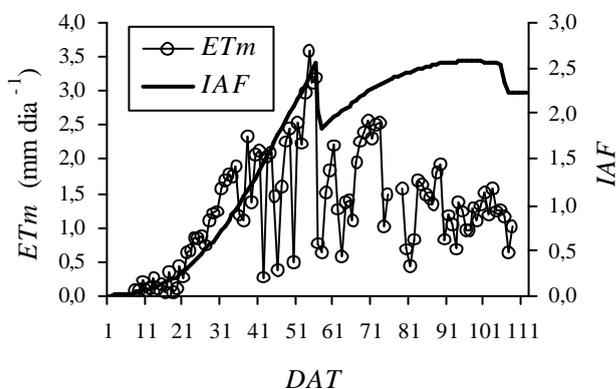


Figura 1. Evolução da evapotranspiração máxima (ET_m) e do índice de área foliar (IAF) da cultura de pimentão em estufa plástica no outono (DAT = dias após o transplante). Santa Maria, RS – 2001.

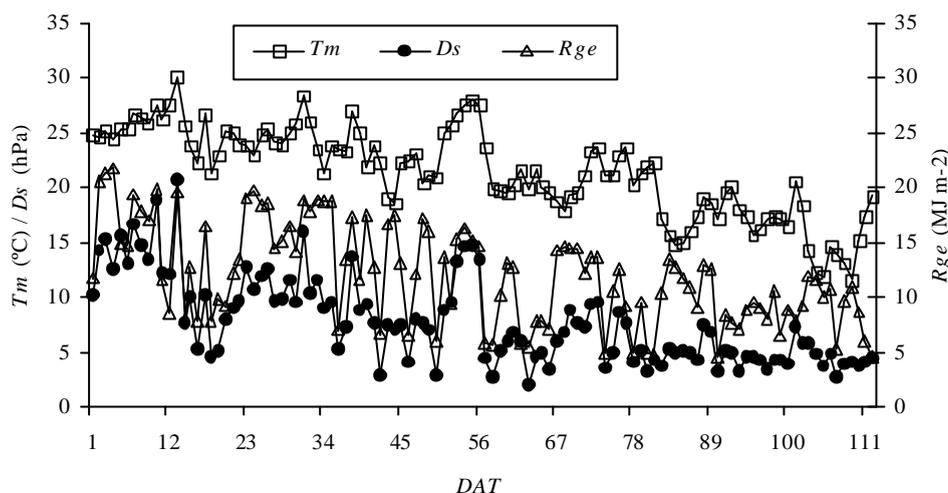


Figura 2. Variação da média da temperatura do ar (T_m), da radiação global externa (R_{ge}) e déficit de saturação do ar (D_s) no interior da estufa plástica durante o ciclo da cultura do pimentão (DAT = dias após transplante). Santa Maria, RS – 2001.

mesmo mantendo quase inalterado o IAF médio. Esta variação pode ser atribuída a diminuição da demanda hídrica atmosférica do ambiente (Figura 2) e ao menor tempo de abertura das cortinas laterais das estufas, determinando uma renovação do ar mais lenta e uma diminuição do D_s no seu interior, conforme mencionam DALSSASSO et al. (1997). O manejo das cortinas laterais e portas da estufa e, principalmente, a variação das condições meteorológicas, foram as principais determinantes das flutuações dos valores diários observadas na curva de evolução da ET_m (Figura 1).

A ET_m e o IAF não apresentaram uma relação homogênea entre si durante o período experimental, a qual pode ser dividida em duas fases (Figura 3). A **relação foi linear até um IAF de $1,4 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$** , embora desde o valor $1,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ já ocorresse flutuação apreciável. Acima de $1,4 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, não houve relação definida do IAF com a ET_m , o que de forma menos evidente também ocorreu para IAF entre 1,0 e $1,4 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. A tendência linear com $IAF < 1,4 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ pode ser atribuída a predominância de ocorrência de condições de alta demanda hídrica atmosférica no período inicial de progressivo aumento do IAF . A condição característica de redução de demanda hídrica atmosférica com a aproximação do inverno, bem como do aumento da sua oscilação dia a dia, determinou a falta de relação com o IAF . Sendo assim, na primeira fase, o IAF foi o fator mais importante na determinação do incremento da ET_m , enquanto no segundo mo-

mento as condições de demanda hídrica atmosférica foram mais decisivas, não deixando de ser válido que a interação entre ambas é a condição preponderante. Considerando o efeito das pequenas diferenças IAF entre as repetições dos dois tipos de lisímetros, não houve diferença de ET_m medida em minilísimetros com solo (ML) e lisímetros com substrato.

A ET_m total da cultura de pimentão foi de 136mm com média diária de 1,21mm para um

ciclo de 112 dias. O baixo valor da ET_m total se deve ao período relativamente curto do experimento, considerando-se que o ciclo normal de cultivo pode durar 7 a 8 meses, e às condições de redução da demanda hídrica atmosférica no período de maior IAF , ao final do período experimental. Esses resultados foram semelhantes àqueles obtidos no mesmo local por SAGGIN et al. (1999), que determinaram um consumo d'água de 138 mm para um período de 132 dias ($1,04 \text{ mm dia}^{-1}$). Esses valores são muito baixos em relação aos valores em geral medidos em ambiente externo, como os apresentados por BEZERRA & MESQUITA (2000) para a condição do Nordeste bra-

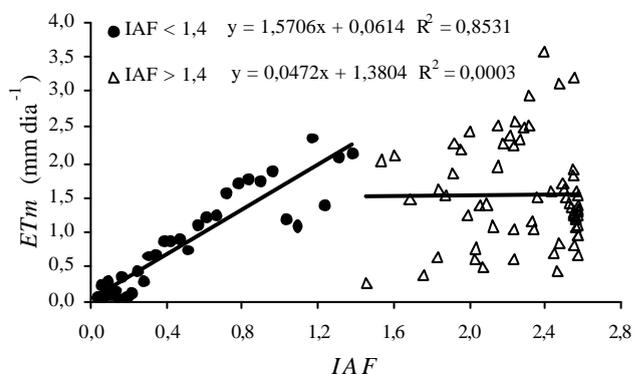


Figura 3. Relação da Evapotranspiração máxima (ET_m) com o índice de área foliar (IAF) para a cultura de pimentão em estufa plástica no outono. Santa Maria, RS – 2001.

sileiro e por RUBINO et al. (1993) na Itália que, em média, foram de 395mm e 680mm, respectivamente.

No subperíodo *T-IF*, embora a demanda evaporativa fosse alta nos primeiros dias a *ETm* total foi de apenas 5mm (Figura 4), devido ao baixo *IAF* que, em média foi de $0,12 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, devido à cobertura do solo com mulching plástico, o qual restringiu a evaporação na superfície do solo aos orifícios feitos para o plantio das mudas, bem como, devido a demanda evaporativa relativamente baixa dos 13 aos 20 DAT e também ao tempo relativamente curto desse subperíodo (24 dias). Para o subperíodo *IF-IC*, cuja duração foi de 39 dias, o total de *ETm* foi de 65mm, determinado, principalmente, pela ocorrência dos maiores valores de *IAF* associados a vários dias com condições de alta demanda hídrica atmosférica. A *ETm* total foi de 66mm em 49 dias, o qual foi similar ao do subperíodo *IC-FC*, sendo a *ETm* média diária cerca de 17% inferior a do subperíodo *IF-IC*. Esses resultados evidenciam que a similaridade no total de *ETm* entre os subperíodos *IF-IC* e *IC-FC* se deve à longa duração da colheita, uma vez que o *IAF* se manteve estável e as condições de demanda hídrica atmosférica diminuíram progressivamente a partir dos 58 DAT, quando, cinco dias após, iniciou o subperíodo *IC-FC*. Resultados semelhantes foram obtidos por SAGGIN et al. (1999) que atribuíram tal variação à maior demanda hídrica atmosférica e ao menor tempo diário de abertura da estufa no período final do experimento.

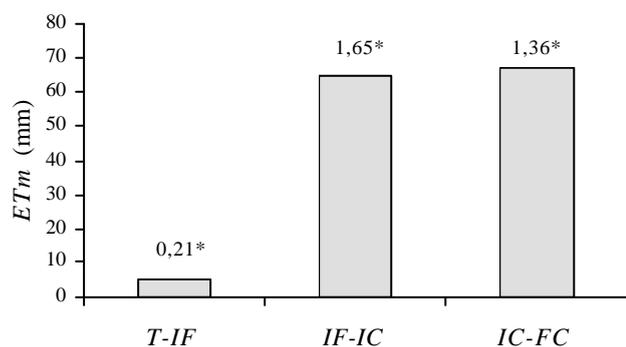


Figura 4. Evapotranspiração máxima acumulada (*ETm*) nos subperíodos: (a) transplante ao início da floração (*T-IF*); (b) início da floração ao início da colheita (*IF-IC*) e (c) início da colheita ao final da colheita (*IC-FC*) para a cultura de pimentão no outono em estufa plástica (* = média diária em mm dia^{-1}). Santa Maria, RS – 2001.

O *Kc* apresentou valores mínimos diários de 0,02 nos primeiros DAT e alguns valores máximos próximos de até 1,5 no período final do experimento (Figura 5). No início do crescimento das plantas o *Kc* médio aumentou acompanhando o incremento exponencial do *IAF* e após os 55 DAT manteve grande oscilação em torno de uma tendência média próxima de 1,0. Excluindo-se os valores de *Kc* dos primeiros 20 DAT, os resultados obtidos foram semelhantes àqueles para a cultura a campo, preconizados por DORRENBOS & KASSAM (1979) e, condições do Nordeste do Brasil, por BEZERRA & MESQUITA (2000). Os valores baixos de *Kc* no início do período experimental foram consequência da reduzida *ETm* decorrente do baixo *IAF* (ASSIS & VERONA, 1991; MATZENAUER et al., 1998) e da cobertura do solo por mulching. A campo a relação entre a evaporação do solo desnudo e a *ETo* em geral varia de 0,25 a 0,40 e o *Kc* inicial, conforme ALLEN et al. (1998) pode variar entre os extremos de 0,1 a 1,15, dependendo do intervalo de tempo entre as irrigações, da magnitude do umedecimento e da demanda evaporativa da atmosfera. No experimento em estufa, a cobertura do solo por mulching nos camalhões além do efeito da redução da *Rg*, do *Ds* e da velocidade do vento pela estufa, deve ter reduzido drasticamente a evaporação na superfície do solo.

Apesar das oscilações diárias, consequência da variabilidade dos elementos meteorológicos e do tempo diário em que as cortinas ficaram abertas, o *Kc* apresentou um bom ajuste com o *IAF* no total do período monitorado ($r^2 = 0,75$; Figura 6a), condição que também foi observada quando o *IAF* foi substituído pelas variáveis *DAT*, *Nf* ou *Altpl*. Porém, quando a relação foi estabelecida considerando-se diferentes

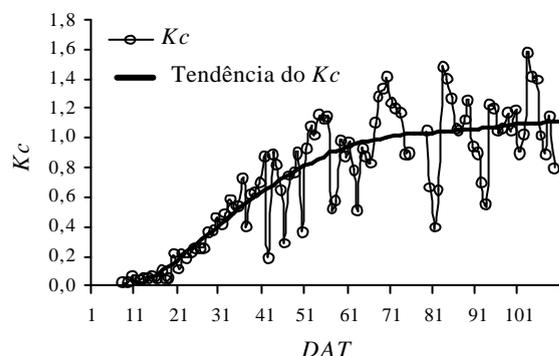


Figura 5. Evolução do coeficiente de cultura (*Kc*) e sua tendência ao longo do ciclo de desenvolvimento do pimentão cultivado em estufa plástica no outono (DAT = dias após transplante). Santa Maria, RS – 2001.

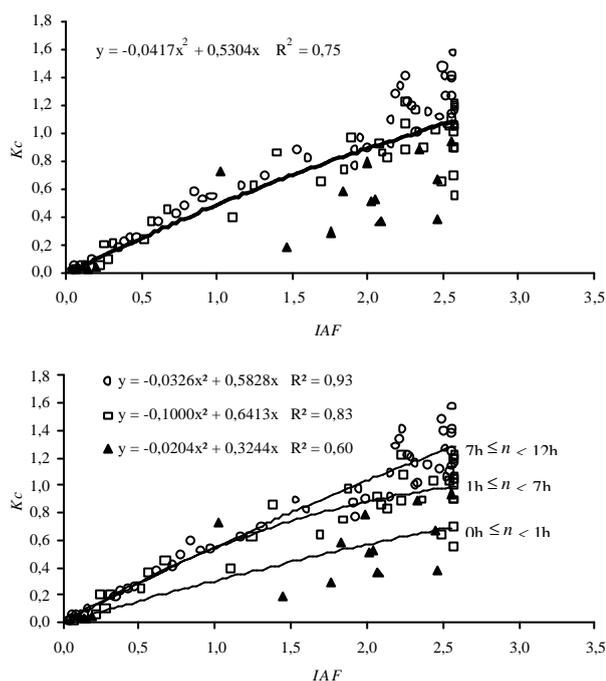


Figura 6. Relação entre o coeficiente de cultura (K_c) e o índice de área foliar ($IAF = x$), considerando todas as condições de insolação (a) e diferentes intervalos de horas (h) diárias de insolação (n)(b). Santa Maria, RS – 2001.

faixas de variação diária da insolação (n) e da temperatura, umidade relativa e déficit de saturação do ar no interior da estufa, o ajuste foi modificado. Neste caso o K_c ajustou-se melhor ao IAF , na condição de $n > 7h$ diárias ($R^2 = 0,93$), quando da condição de ocorrência das maiores demandas hídricas da atmosfera, do que em dias encobertos ($n < 1h$ diária; $R^2 = 0,60$) (Figura 6b). Na condição de $n < 1h$ diária o K_c máximo foi 0,7 no momento de maior IAF da cultura de pimentão (Figura 6b). No interior da estufa, os melhores ajustes quadráticos foram observados para temperatura entre 23°C e 31°C ($r^2 = 0,93$), umidade relativa entre 60% e 80% ($r^2 = 0,92$) e déficit de saturação do ar entre 6hPa e 21hPa ($r^2 = 0,94$) (DALMAGO, 2001). Isso mostra que o K_c médio normalmente empregado para o manejo hídrico das mais variadas espécies necessita de fatores de ajuste para representar as reais condições de demanda hídrica atmosférica de um determinado dia. A importância de se estabelecer ajustes ao K_c é maior quando o mesmo é empregado para o manejo da irrigação em espécies olerícolas que, normalmente, são mais sensíveis ao déficit ou excesso de água.

Considerando-se os diferentes subperíodos de desenvolvimento da cultura, o menor K_c ocorreu até a planta emitir a 1ª bifurcação da haste principal ($T-IF^*$) (Tabela 1). Isto ocorreu, principalmente, em consequência do baixo IAF e da cobertura do solo com mulching, que determinaram baixa ET_m . O incremento do K_c do subperíodo $T-IF^*$ para o subperíodo da 1ª bifurcação ao início da floração ($T-IF^{**}$) e deste para $IF-IC$ foi alto, da ordem de 225% e 407%, respectivamente. Neste caso, o crescimento exponencial do IAF e as condições de demanda hídrica atmosférica favoráveis a ocorrência de elevada ET_m no mesmo período, foram os fatores responsáveis pela elevação do K_c . No subperíodo $IC-FC$, o IAF e a ET_m estabilizaram e o K_c flutuou apenas em resposta à variação da condição de demanda hídrica atmosférica e do tempo de abertura da estufa, o que reduziu o incremento relativo para cerca de 60% em relação ao subperíodo imediatamente anterior. Apesar das flutuações diárias do K_c (Figura 5), é possível que os valores médios representados pela linha tendência sejam suficientemente adequados para o monitoramento e estimativa da irrigação diária da cultura de pimentão, uma vez que a mesma responde melhor a quantidades moderadas de umidade do solo do que a excessos (CERMEÑO, 1978).

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERGS e à Petroquímica Triunfo S.A. pelo financiamento parcial dos experimentos e ao CNPq pelas respectivas bolsas individuais recebidas.

Tabela 1. Coeficiente de cultura (K_c) do pimentão cultivado no outono em estufa plástica nos diferentes subperíodos de desenvolvimento das plantas. Santa Maria, RS - 2001.

Sub-período	Coeficiente de cultura (K_c)		
	Médio	Máximo	Mínimo
$T-IF^*$	0,04	0,06	0,02
$T-IF^{**}$	0,13	0,23	0,04
$IF-IC$	0,66	1,16	0,19
$IC-FC$	1,06	1,57	0,39

$T-IF^*$ = Primeira parte do subperíodo transplante - início da floração: do transplante até 1ª bifurcação da haste principal.

$T-IF^{**}$ = Segunda parte do subperíodo transplante - início da floração: da 1ª bifurcação da haste principal até o início da floração.

Referências Bibliográficas

- ALEEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ASSIS, F.N. de; VERONA, L.A.F. Consumo de água e coeficiente de cultura do sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 665-670, 1991.
- BERGAMASCHI, H. et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1992. 125 p.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 4. ed., Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1989. 488 p.
- BEZERRA, F.M.L.; MESQUITA, T.B. de. Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultura do pimentão cultivado em lisímetros de drenagem. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, suplemento/junho, p. 600-601, 2000.
- BURIOL, G.A. et al. Evaporação d'água em estufas plásticas e sua relação com o ambiente externo: 1 – avaliação com o uso do tanque classe A e do evaporímetro de Piche. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 35-41, 2001.
- CAIXETA, T. J. Irrigação nas culturas de pimentão e pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 35-37, 1984.
- CARON, B.O.; HELDWEIN, A.B. Consumo d'água e coeficiente de cultura para o meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 19-25, 2000.
- CERMEÑO, Z.S. **Cultura de plantas hortícolas em estufa**. Lisboa: Lixeta, 1978. 360 p.
- DALMAGO, G. A. **Evapotranspiração máxima e sua modelagem para a cultura do pimentão em estufa plástica**. Santa Maria: UFSM, 2001, 166 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós-Graduação em Agronomia/UFSM, 2001.
- DALMAGO, G.A. et al. Avaliação de métodos de determinação da evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 201-211, 2001.
- DALSASSO, L.C.M. et al. Consumo d'água do tomateiro tipo salada em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 61-67, 1997.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage, 33).
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informações, 1999. 412 p. (Embrapa Solos, RJ).
- 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.
- FYNN, R.P. et al. Evapotranspiration measurement and modeling for a potted chrysanthemum crop. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 36, n. 6, p. 1907-1913, 1993.
- HELDWEIN, A B. et al. Evaporação d'água em estufas plásticas e sua relação com o ambiente externo: 2 - efeito da espécie cultivada e da época do ano nos valores obtidos com minitanques. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 43-49, 2001.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. Evapotranspiração da cultura do milho. II – Relações com a evaporação do tanque Classe “A”, com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 15-21, 1998.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 46 p.
- NERDERHOFF, E.M.; RIJSDIJK, A. A.; GRAAF, R. de. Leaf conductance and rate of crop transpiration of greenhouse grown sweet pepper (*Capsicum annum L.*) as affected by carbon dioxide. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 52, p. 283-301, 1992.
- NIED, A.H. et al. Informe preliminar sobre dois métodos de determinação do consumo d'água pelo tomateiro cultivado em estufa plástica. In: X SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA e VII FEIRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 1998, Porto Alegre, RS. **Livro de Resumos...**, Porto Alegre: UFRGS/PROPESQ, 1998. 503 p. p. 106.
- OKUYA, A.; OKUYA, T. The transpiration of greenhouse tomato plants in rockwool culture and its relationship to climate factors. **Acta Horticulturae**, Den Haag, v. 230, n. ?, p. 307-311, 1988.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, GC. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- PIRES, R.C.M. et al. Manejo de irrigação em hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 147-158, 2000. (Suplemento Julho).
- REISSER, C. J. **Evapotranspiração da alface (*Lactuca sativa L.*) em estufa plástica e ambiente natural**. Santa Maria: UFSM, 1991. 78 p. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Agrícola) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/UFSM. 1991.

RUBINO, P.; MASTRO, M. A.; MONTEMURRO, N. Studio di diversi livelli di stress idrico su coltura di ~~peperone~~ *Capsicum annuum* L.). **Rivista di Agronomia**, Bologna, v. 27, n. 3, p. 220-225, 1993.

SAGGIN, S. L. et al. Avaliação preliminar sobre o consumo d'água da cultura do pimentão cultivado no outono em estufa plástica. In: XI JORNADA

ACADÊMICA INTEGRADA, 1999, Santa Maria, RS. **Anais...**, Santa Maria: CCR/UFSM, 1999. p. 731, 794 p.

VALANDRO, J.; ANDRIOLO, J.L.; BURIOL, G. A. Dispositivo lisimétrico simples para determinar a transpiração das hortaliças cultivadas fora do solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 189-193, 1999.