

ESTUDOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM CASA DE VEGETAÇÃO

Gisele Carneiro da Silva Teixeira¹, Danielle Silva Beltrão², Adão Wagner Pêgo Evangelista³

¹Pós-Graduanda em Agronomia, Área de Concentração Solo e Água da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás
(gisele_agro@yahoo.com.br)

²Pós-Graduanda em Agronomia, Área de Concentração Solo e Água da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás

³Professor Doutor da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás- Caixa Postal 131, CEP 74690-900, Goiânia – Brasil
Data de recebimento: 07/10/2011 - Data de aprovação: 14/11/2011

RESUMO

O cultivo em casa de vegetação é uma técnica agrícola na qual se controla o meio edafoclimático, uma vez, que se altera condições como o solo, temperatura, radiação solar, vento, umidade e composição atmosférica. Contudo, as informações existentes sobre este tema ainda são incipientes e defasadas. Desta forma, esta revisão tem por objetivo levantar os dados mais relevantes e atualizados sobre o processo de evapotranspiração ocorrido no interior de ambientes protegidos. Constatou-se que o cultivo em casa de vegetação viabiliza a produção agrícola em épocas do ano pouco favoráveis, ampliando assim o período de produção, possibilitando obter maior produtividade e melhor qualidade dos frutos. Os fatores climáticos alterados no interior da casa de vegetação modificam a evapotranspiração interna quando comparada à obtida sob condições externas, alterando a demanda de água pelas plantas. Os diferentes métodos de medidas utilizados para a determinação da ETp e ETc mostram variabilidade entre si, embora se verifique que, independente do método a ETp em casa de vegetação é sempre inferior a do ambiente externo.

PALAVRAS-CHAVE: Produção agrícola, fatores climáticos, casa de vegetação, evapotranspiração.

STUDIES EVAPOTRANSPIRATION IN GREENHOUSE

ABSTRACT

The cultivation in greenhouse is an agricultural technique a in which it controls through soil and climate, a time that changes as the soil conditions, temperature, solar radiation, wind, humidity and atmospheric composition. However, the existing information on this topic are still incipient and outdated. Thus, this review aims to collect data more relevant and updated about the process of evapotranspiration occurred within protected environments. It was found that cultivation under greenhouse enables agricultural production in unfavorable seasons, thereby extending the period of production, enabling greater productivity and better fruit quality. Climatic factors changed inside the greenhouse evapotranspiration internal change when compared to that obtained in external conditions, changing water demand by plants. The different methods of measurement used for the determination of ETc and ETp show variability between them, although it appears that, regardless of the method in greenhouse ETp is always less than the external environment.

KEY WORDS: agricultural production, weather, greenhouse, evapotranspiration.

CULTIVO EM CASA DE VEGETAÇÃO NO BRASIL

O cultivo em casa de vegetação configura como um sistema agrícola especializado no qual se controla o meio edafoclimático, alterando suas condições, tais como solo, temperatura, radiação solar, vento umidade e composição atmosférica (CASTILLA, 2005). Os usos de técnicas que alterem o microclima viabilizam a produção agrícola em épocas do ano pouco favoráveis, a exemplo do cultivo em ambientes protegidos. O efeito estufa condicionado nesses ambientes, permite que se produza no inverno e durante a estação chuvosa, sendo a produção viabilizada pelo efeito guarda chuva (MARTINS et al., 1994).

Além das alterações no microclima, o cultivo sob casa de vegetação amplia o período de produção, uma vez que, se essas alterações forem realizadas de forma adequada à produção no período de entressafra torna-se viável proporcionando maior produtividade e melhor qualidade de frutos (LOURES et al., 1998; MAKISHIMA e CARRIJO, 1998). A concentração da produção sob estruturas de proteção na entressafra é importante devido à regularização do abastecimento e obtenção de preços mais elevados (STRECK et al., 1998).

O cultivo em casa de vegetação no Brasil não é muito recente, existindo registros de trabalhos no final dos anos 1960. Entretanto, somente no fim dos anos 1980 e, principalmente, no início da década de 1990 é que esta técnica de produção passou a ser amplamente utilizada (GRANDE et al., 2003). Goto (1997) relatou que inicialmente o interesse pelo cultivo protegido ocorreu tanto por grupos de produtores experientes em cultivo de hortaliças, como por grupos sem nenhuma experiência agrícola. A mídia foi a principal responsável para que esse último grupo aderisse essa prática agrícola, devido à propaganda sobre a não utilização de defensivos agrícolas e a garantia de um retorno líquido aparentemente fácil.

Após o entusiasmo inicial pelo cultivo protegido, houve uma estabilidade na ampliação de áreas devido à falta de sucesso na atividade de muitos produtores, gerada por diversos fatores, entre os quais, a contaminação dos solos, o manejo inadequado de doenças e pragas, falta de uma política governamental específica para o cultivo protegido, permanecendo na atividade apenas o grupo de produtores mais tecnicizados com maior eficiência produtiva (GOTO, 1997). Atualmente observa-se que após este período de estabilização o cultivo em casa de vegetação aumentou significativamente nos últimos anos no Brasil; as regiões que tem se destacado nesse crescimento são as regiões Sul e Sudeste (GALVANI et al., 1998), onde predomina o cultivo e a produção de plantas ornamentais, hortaliças e mudas das mais variadas espécies (OLIVEIRA, 1995).

A última estatística realizada em 1995, afirma que mundialmente a área ocupada por casas de vegetação situa-se em torno de 300.000 ha sendo que, no Brasil, esta área é de cerca de 1000 ha, as quais são utilizadas para o cultivo de plantas ornamentais, hortaliças e mudas de várias espécies de plantas (OLIVEIRA, 1995). De acordo com Sentelhas e Santos (1995), o cultivo em casa de vegetação tem se mostrado viável, entretanto as alterações na radiação solar, na temperatura do solo e do ar, na umidade relativa do ar, na duração do período de molhamento e na evapotranspiração (ET) devem ser sempre monitoradas

Por ser uma tecnologia amplamente utilizada em determinadas regiões, e o fato dos produtores que estão desde o início ou que estão a um longo tempo na atividade, não irão retroceder e tão pouco voltaram a cultivar somente em campo

aberto, são grandes as expectativas para o cultivo sob ambiente protegido. Entretanto, é necessário que alguns manejos nestes ambientes sejam aprimorados para maximizar a produção. A perspectiva de expansão desta tecnologia se deve a maior produtividade obtida, uma vez que é capaz de utilizar pequenas áreas e produzir pelo menos uma vez e meia ou o dobro do que se consegue produzir em campo aberto, desde que seja feito correto manejo da estrutura e do ambiente em questão, respeitando a espécie a ser instalada. Para este tipo de cultivo, estudar o ambiente, dando condições de melhor aeração e ventilação, estudar as estruturas que são adaptadas à cada região e utilizar equipamentos não tão sofisticados, significará oferta constante de olerícolas e de plantas ornamentais (GOTO, 1997).

EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM CASA DE VEGETAÇÃO

A evapotranspiração é o conjunto de dois processos: evaporação e transpiração; a evaporação da água que umedece o solo, que está em estado líquido, a qual se é transferida para a atmosfera diretamente por evaporação; a transpiração envolve a retirada da água do solo pelas raízes, seu transporte através da planta até atingir as folhas onde se transfere para a atmosfera através dos estômatos das folhas. A evapotranspiração é um importante componente do ciclo hidrológico, uma vez que, grande parte da água precipitada retorna a atmosfera por este processo (SHARMA, 1985)

A cobertura da casa de vegetação altera parâmetros como temperatura do ar e do solo, umidade do ar, vento, balanço de radiação e energia e, por consequência a evapotranspiração (GALVANI et al., 1998). Normalmente no interior da estufa, a ET é, em geral, inferior que a verificada externamente, o que basicamente, se deve, ao fato da parcial opacidade da cobertura plástica à radiação solar e à redução da ação dos ventos, que são os principais fatores que compõe a demanda evaporativa da atmosfera. Martins (1992) em dois anos de pesquisa, concluiu que a evaporação sob cobertura de plástico foi cerca de 30% menor do que no campo, o que contribuiu para um menor consumo de água da cultura no ambiente protegido. A diferença entre a evapotranspiração do interior da casa de vegetação e a externa varia de acordo com as condições meteorológicas; de forma geral, a evapotranspiração no interior situa-se em torno de 60-80 % da verificada no exterior (PRADOS, 1986; ROSENBERG, MCKENNEY e MARTIN, 1989).

O conhecimento da evapotranspiração viabiliza o planejamento racional da técnica de irrigação, que associado com outros elementos meteorológicos, fornece subsídios básicos à delimitação de áreas mais adequadas ao desenvolvimento de determinadas grupos de espécies vegetais. O conhecimento deste fenômeno é crucial na avaliação da quantidade de água exigida por determinada cultura, principalmente em regiões áridas ou com secas regulares, onde o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, a produtividade são limitados pelo fator hídrico (GALVANI e ESCOBEDO, 2001).

Suprindo a necessidade hídrica da cultura, na qualidade e na quantidade que necessitam para o consumo, o índice de área foliar e a variação dos elementos meteorológicos que irão determinar o fluxo transpiratório. Em escala diária, o aumento da área foliar é relativamente pequeno. Portanto, a evapotranspiração sob estas condições é determinada principalmente pelas variáveis meteorológicas, as quais comandam nestes ambientes o transporte de água no sistema solo-planta-atmosfera (DAMALGO et al., 2006).

De acordo com esses autores, a relação da ET com as variáveis meteorológicas são bastante conhecidas em ambientes sem proteção para várias

espécies. Entretanto, não é adequado transferir dados de pesquisas destes ambientes para o interior de casas de vegetação, considerando que os elementos meteorológicos são modificados principalmente pela presença da cobertura plástica, pelo manejo das aberturas de ventilação natural e pelo efeito da cultura. Conseqüentemente, o padrão de variação da ET se modifica em relação ao ambiente externo numa dada condição meteorológica. Assim, torna-se necessário a determinação dessas relações para as condições de ambiente protegido.

Os principais fatores que interferem na evapotranspiração no interior da casa de vegetação são: radiação solar, balanço de energia, temperatura e a umidade relativa do ar.

Em ambientes protegidos a radiação solar é o elemento meteorológico que mais afeta a ET das culturas, considerando que é a fonte de energia para este processo (STANGHELLINI, 1993). Entretanto, pode induzir o fechamento estomático, reduzindo a transpiração, devido à elevação do déficit de saturação do ar no interior da estufa se for fornecida em altos níveis (BAILLE, KITTAS e KATSOULAS, 1994). Em estudos conduzidos por Villele (1972) e Marcelis (1989), afirmaram que o efeito da radiação, é linear e positivo sobre o controle estomático se os níveis de radiação não forem altos suficiente para induzir estresse hídrico nas folhas mais expostas à radiação.

Böhmer (2008) caracterizou o microclima de casa de vegetação cultivado com feijão-vagem. A radiação solar global observada no interior do casa de vegetação foi, em média, 85,07% da radiação solar global no exterior, sendo que em 28 dias ficou abaixo do limite trófico para hortaliças. Assis (2000) avaliou as radiações solares global e refletida, no interior de um casa de vegetação cultivado com a cultura do pepino (*Cucumis sativus*), durante o ciclo completo da cultura, que durou 58 dias, o total de radiação global correspondeu a 60% da radiação global no exterior, sendo 1051,78 MJ.m⁻² na área externa e 634,68 MJ.m⁻² no interior da estufa, enquanto que a refletida correspondeu a 85% da exterior, totalizando 105,33 e 89,13 MJ.m⁻² externa e internamente, respectivamente.

O balanço de energia no interior da casa de vegetação é o fator determinante na temperatura do ar destes ambientes, a transmissividade da cobertura, o ângulo de incidência da radiação solar sobre a cobertura e a renovação do ar do seu interior são os fatores que definem este balanço (PRADOS, 1986). Estudos concluíram que no interior da casa de vegetação a temperatura média diária é sempre mais elevada que no exterior, com amplitudes variando de 0,5 a 9,0°C. Os horários de temperaturas do ar mais elevadas, ocorre das 12 às 16 horas período de maior incidência solar (FARIAS et al., 1993). No que se refere à temperatura mínima, os estudos concluem que a temperatura mínima do ar no interior deste ambiente é igual ou ligeiramente superior à observada externamente (VILLELE, 1993; BURIOL et al., 1993; HELDWEIN et al., 2001). Damalgo et al. (2006), determinou a relação da evapotranspiração máxima (ET_m) da cultura do pimentão por unidade de área foliar (ET_{mf}) entre outros fatores com a temperatura (T_{am}), estes autores concluíram que a temperatura do ar as 15 horas e a temperatura máxima diárias foram as variáveis pontuais de maior associação com a ET_{mf}.

A demanda evaporativa aumenta de acordo com a redução da UR e, portanto, maior a ET. É poder evaporativo do ar que controla a transferência do vapor d'água para a atmosfera. Assim, quanto mais seco estiver o ar, maior será a demanda atmosférica. No entanto, existe inter-relação entre a disponibilidade de água pelo solo e a demanda atmosférica (PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS, 1995). Buriol et al. (2000), estudando a umidade do ar no interior e no exterior da casa de

vegetação verificaram que, com o aumento da temperatura durante o dia a umidade relativa do ar reduz com mais intensidade no interior da casa de vegetação do que no ambiente externo, tornando-se geralmente inferior à verificada externamente das 8 às 14h.

A evapotranspiração também é influenciada pelo déficit de saturação do ar na casa de vegetação (RIGHI, 2000). O déficit de saturação expressa uma aproximação do gradiente de pressão de vapor entre os sítios de transpiração e o ar ao seu redor, podendo ser considerado a força motriz do processo de transpiração (BOULARD, 1991).

EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ETP) OU DE REFERÊNCIA (ETO)

Este conceito foi primeiramente utilizado por Thornthwaite (1944) e modificado por Penman (1956), estes autores conceituaram como evapotranspiração potencial (ETp) ou de referência (ETo), a quantidade de água transferida para a atmosfera por unidade de área e tempo em uma determinada superfície natural, totalmente coberta por vegetação baixa (a grama é a principal vegetação adotada, e, em alguns tipos de clima adota-se alfafa), em fase de crescimento ativo, com altura uniforme, e teor de água no solo próximo ou na capacidade de campo. A perda de água do sistema solo-planta para a atmosfera sob estas condições ocorre exclusivamente em função única do balanço vertical de energia, ou seja, das condições atmosféricas sobre a vegetação sem interferências de outros fatores, podendo ser estimada por modelos matemáticos teóricos-empíricos (PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS, 1995).

Na década de 1990 a FAO (Food and Agriculture Organization), reavaliou o conceito e procedimentos de metodologia de cálculos de evapotranspiração, restabelecendo uma nova definição para a cultura de referência e o método para que pudesse estimar a evapotranspiração para essa referência. Após este período o conceito evapotranspiração potencial ETp, passou a ser largamente substituído por evapotranspiração de referência (ETo).

Fernandes et al. (2004), estimaram a evapotranspiração de referência dentro e fora da casa de vegetação pelo método do tanque “Classe A”, utilizando-se de dois valores de K_p e estabeleceram correlações entre a evapotranspiração de referência dentro e fora da casa de vegetação, na tentativa de evitar a instalação do tanque “Classe A” dentro da mesma. A cultura utilizada no experimento foi a do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*), cultivar “Carmen”, do grupo salada, com a característica longa vida.

Os maiores valores semanais da ETo foram observados externamente a casa de vegetação, durante o período experimental. A velocidade do vento e a radiação solar são os fatores que podem explicar esses valores maiores fora da casa de vegetação do que aqueles no interior da mesma. A ETo total do período foi de 411 mm ($K_p = 0,85$), fora da casa de vegetação, com média de 4,5 mm dia⁻¹. Dentro da casa de vegetação, utilizando $K_p = 0,7$ (DOORENBOS e PRUITT, 1976), a ETo total do período foi de 159 mm, com média de 1,75 mm dia⁻¹, o que corresponde a 39% da ETo do lado externo. Com a utilização do $K_p = 1,0$ (FARIAS, BERGAMASCHI e MARTINS, 1994), a ETo total do período dentro da casa de vegetação foi de 228 mm, com média de 2,5 mm dia⁻¹ que correspondeu a 56% da ETo verificada no exterior. Concluíram que a instalação do tanque “Classe A” é viável dentro da casa de vegetação para a estimativa da ETo, utilizando-se de $K_p = 1,0$.

Evangelista e Pereira (2003) avaliaram a demanda evaporativa do ar (ET) pelo o método do tanque Classe A e do atmômetro da Soilcontrol no interior de

casa-de-vegetação, comparando posteriormente os resultados obtidos com o método de Penman-Monteith. Concluíram que os valores de demanda evaporativa do ar (ET) foram subestimados pelo método de Penman-Monteith quando comparados com os valores obtidos pelo método do tanque Classe A ($K_p = 1$) e do atmômetro modificado. Estes métodos não estimaram com precisão a ET, superestimando seus valores. O uso de coeficientes de tanque propostos por Lopes Filho (2002) melhorou consideravelmente o desempenho do método do tanque Classe A. O atmômetro modificado Soilcontrol foi o que apresentou os piores resultados de ET.

Rezende et al. (2004) compararam a evaporação de um tanque reduzido (tanque classe A modificado, com diâmetro de 0,60 m) e a evapotranspiração de referência do Atmômetro de Bellani em casa de vegetação cultivada com a cultura do pimentão (*Capsicum annuum* cv. Mayata), sendo constatado que os valores de ETo obtida com o atmômetro modificado e a evaporação do tanque reduzido, foram inferiores aos medidos na estação meteorológica. Assim, a irrigação feita sob casa de vegetação a partir de dados de estação pode levar ao uso de água em excesso.

Os trabalhos acima citados confirmam que a ETo é menor dentro da casa de vegetação, sendo observado variação de valores apenas na leitura ou estimativa pelos diferentes métodos.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTURA (ET_c)

É a quantidade de água consumida por uma cultura sem restrição hídrica em qualquer fase de desenvolvimento. A ET_c pode ser entendida como sendo a evapotranspiração de referência em cada fase de desenvolvimento da cultura (PEREIRA, ANGELOCCI e SENDELHAS, 1995). Devido a inviabilidade de condução de frutíferas e de culturas anuais em casa de vegetação, a revisão bibliográfica da ET_c em casa de vegetação será basicamente com olerícolas e plantas ornamentais.

Viana et al., (2003), determinaram a ET_c da cultura da alface (*Lactuca sativa* L. cv. Verônica) sob casa de vegetação através de um sistema automatizado da Razão de Bowen (SRB), a qual foi comparada com a medida de um lisímetro de pesagem. Observaram que a SRB subestimou a ET_c da cultura medidos pelo lisímetro de pesagem e que os baixos valores do gradiente de pressão parcial do vapor limitaram a estimativa da evapotranspiração pelo SRB no interior da casa de vegetação.

Reis, Souza e Azevedo (2009) avaliaram a evapotranspiração da cultura do tomate caqui cultivado sob casa de vegetação, esta foi determinada experimentalmente por meio de lisímetros de drenagem, o desempenho do modelo de Penman-Monteith foi comparado aos valores decendiais do balanço hídrico nos lisímetros. Concluíram que sob as condições de ambiente protegido, os valores de ET_c encontrados pelos métodos de Penman-Monteith foi de 165,46 mm e do lisímetro foi de 213,79 mm, acumulados no período de crescimento até a maturação dos frutos representando, na média, uma subestimativa do modelo de Penman-Monteith em 23% do valor encontrado pelo lisímetro.

Damalgo et al., (2006), avaliaram a relação da evapotranspiração máxima (ET_m) da cultura de pimentão por unidade de índice de área foliar com a radiação solar global incidente e saldo de radiação, externos à estufa, e com a temperatura, umidade relativa e déficit de saturação do ar no interior da estufa. Estes autores verificaram que as variáveis meteorológicas que apresentaram maior relação com a evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em ambientes protegidos foram o saldo de radiação externo e o déficit de saturação do ar médio no interior da estufa.

E que a temperatura do ar interna apresenta relação mais acentuada com a evapotranspiração nos valores pontuais de temperatura máxima e nos valores máximos de temperatura das 15:00 horas, enquanto que a umidade relativa média diária e/ou umidade média diurna da estufa apresentam melhor associação com a evapotranspiração da cultura de pimentão do que seus valores pontuais.

Tanaka (2010) avaliou a evapotranspiração da cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) submetida a seis níveis de altura do lençol freático (0,17m; 0,31m; 0,45m; 0,59m e 0,73m) em ambiente protegido. Os valores de evapotranspiração da cultura variaram para as diferentes alturas de lâmina de água, entretanto, esta variação não foi proporcional, uma vez que, o menor valor da ETc (115 mm) foi observado para o tratamento 0,31 m e o maior valor da ETc (184,58 mm) foi observado para o tratamento 0,45 m.

Fernandes et al., (2006) estimaram a ETc da cultura do crisântemo sob ambiente protegido, com a finalidade de estudar métodos de controle da irrigação, através de sensores de uma estação automática obtiveram a temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa do ar, radiação solar global, dados usados para estimar a evapotranspiração da cultura pelos métodos: Tanque evaporimétrico, Camargo, Makkink, Radiação solar, Jensen-Haise, Linacre, Hargreaves-Samani, Penman, Penman-Piche e Penman-Monteith, os quais foram comparados com as medições de lisímetro de pesagem, considerado padrão. Os métodos que tiveram maior correlação foram: Jensen-Haise (72,50%), Radiação Solar (71,53%), Makkink (71,53%), Penman-Monteith (71,16%), Penman (72,09%).

EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL (ETR)

É aquela que ocorre independente das condições de contorno pré-definidas para a evapotranspiração de referência (ETo) ou da cultura (ETc). Portanto a ETr ocorre em qualquer circunstância, independente do tipo e das condições da cultura, da dimensão da área ou da umidade do solo. Pode atingir valores menor, igual ou superior a ETo (PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS, 1995).

São escassos e antigos os trabalhos com a evapotranspiração real das culturas. Silveira e Klar (2006) determinaram a evapotranspiração real de seis diferentes níveis freáticos (0,17m; 0,31m; 0,45m; 0,59m e 0,73m de lâmina de água) na cultura da aveia preta em casa de vegetação. Os valores da evapotranspiração real da cultura foram maiores para o tratamento para o nível freático mais superficial ocorrendo queda gradativa à medida que a profundidade freática ficava mais profunda.

Freitas et al. (1985) verificaram o efeito de três níveis de água armazenada no solo (40-60, 60-80 e 80-100% da sua capacidade máxima de armazenamento de água) sobre entre outros fatores na evapotranspiração real dos cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.). A evapotranspiração real elevou-se com o aumento da água disponível no solo, as faixas de umidade limitantes para as características estudadas foram 60-80% de água armazenada no solo ou potenciais de água de -0,50 a -0,03 MPa no estágio de desenvolvimento vegetativo, e de 80-100% de água armazenada no solo ou potenciais de água de -0,03 a -0,01 MPa no estágio de desenvolvimento reprodutivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo protegido em casa de vegetação possibilita a produção agrícola no período da entressafra, além de ser necessário para alguns sistemas de produção

vegetal em condições climáticas limitantes. Essa viabilidade depende do monitoramento das variáveis edafoclimáticas e da eficiência das tecnologias utilizada. A proteção através de cobertura altera as variáveis climáticas que se relacionam com a evapotranspiração e, conseqüentemente, com a demanda de água pela planta.

Estudos demonstram que a evapotranspiração é menor em casa de vegetação, o que se deve, ao fato da parcial opacidade da cobertura plástica à radiação solar e à redução da ação dos ventos, que são os principais fatores que compõe a demanda evaporativa da atmosfera. Os diferentes métodos de medidas utilizados para a determinação da ETp e ETc mostram variabilidade entre si, embora se verifique que, independente do método a ETp em casa de vegetação é sempre inferior a ambiente externo.

REFERÊNCIAS

ASSIS, S.V. Radiação solar em estufa de polietileno cultivada com pepino (*Cucumis sativus*). **Revista Brasileiro de Agrociência**. Pelotas, v.6 n.3, p.258-263, 2000.

BAILLE, M.; Kittas C, Katsoulas N. Microclimate and transpiration of greenhouse rose crops. **Agricultural and Forest Meteorology**. Amsterdam, v.71, n.2, p.83-97, 1994.

BÖHMER, C. R. **Caracterização do microclima de casa de vegetação cultivado com feijão-vagem**. 2008. 113p. Tese (Doutor em Ciência), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2008.

BOULARD, T. Étude de différentes méthodes de refroidissement su le climat et la transpiration de tomates de serre. **Agronomie**. Paris, v.11, n.1, p.543-553, 1991.

BURIOL, G.A.; RIGHI, E.Z.; SCHNEIDER, F.M.; STRECK, N.A.; HELDWEIN, A.B.; ESTEFANEL, V. Modificação da umidade relativa do ar pelo uso e manejo da estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.8, n.1, p.11-18, 2000.

BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.; ESTEFANEL, V.; ANDRIOLO, J.L.; MEDEIROS, S.L.P. 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.

CASTILLA, N. **Invernaderos de plástico: Tecnología y manejo**. Madrid: Mundi-Prensa, 2005. 462 p.

DALMAGO, G.A.; HELDWEIN, A. B. NIED, A. H.; GRIMM, E.L.; PIVETTA, C.R. Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.36, n.3, p.785-792, 2006.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1976. 193 p.

EVANGELISTA, A. W.P.; PEREIRA, G.M. Avaliação de dois tipos de evaporímetros na estimativa da demanda evaporativa do ar (ET) no interior de casa-de-vegetação, em lavras-MG. **Ciência Agrotecnologia**. Lavras, v.27, n.6, p.1348-1353, 2003.

FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A.; OLIVEIRA, A.C.B. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocados pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.1, n.1, p.51- 62, 1993.

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.

FERNANDES, C.; CORÁ, J.E.; ARAÚJO, J.A.C. Utilização do tanque classe a para a estimativa da evapotranspiração de referência dentro de casa de vegetação. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.24, n.1, p.46-50. 2004.

FERNANDES, A.L.T.; FOLEGATTI, M.V.; PEREIRA, A.R. Avaliação de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura do crisântemo (*Chrysanthemum spp.*) cultivado em estufa plástica. **Irrigação**. Botucatu, v.11, n.2, p.139-149, 2006.

FREITAS, J.G.; A. CARDOSO, A.M.; SIGUEYUKISEDIYAMA, C.; FERREIRA, P.A.; MOURA FILHO, W. TRIGO: Efeito de três faixas de umidade na evapotranspiração real e na produção de grãos e seus componentes. **Bragantia**. Campinas, v.44, n.2, p.515-530. 1985.

GALVANI, E.; DANTAS, R.T.; ESCOBEDO, J.F.; KLOSOWSKI, E.S. Parâmetros meteorológicos em cultura de alface (*Lactuca sativa*, L.) cultivada em casas de vegetação com orientações leste-oeste, norte-sul e condições externas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.6, n.2, p.157- 63, 1998.

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J.F. Balanço de energia na cultura de pepineiro em ambiente natural e protegido. **Bragantia**. Campinas, V.60, n.2, p.127-137, 2001.

GOTO, R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.15, p.163-165, 1997. Palestra. Suplemento.

GRANDE, L.; LUZ, J.M.Q.; MELO, B.; LANA, R.M.Q.; CARVALHO, J.O.M. O cultivo protegido de hortaliças em Uberlândia-MG. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 21, n. 2, p. 241-244, 2003.

HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G.A.; STRECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M.; ESTEFANEL, V.; DALMAGO, G.A. Variação vertical de temperatura do ar no interior de estufas plásticas. **Revista Argentina de Agrometeorologia**. Buenos Aires, v.1, n.1, p.35-42, 2001a.

LOURES, J.L.; FONTES, P.C.R.; SEDIYAMA, M.A.N.; CASALI, V.W.D.; CARDOSO, A.A. Produção e teores de nutrientes no tomateiro cultivado em substrato contendo esterco de suínos. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.16, n.1, p.50-55, 1998.

MAKISHIMA, N.; CARRIJO, O.A. **Cultivo protegido do tomateiro**. Circular Técnica da Embrapa Hortaliças, nº13, Brasília, 1998.

MARCELIS, L.F.M. Simulation of plant-water relations and photosynthesis of greenhouse crops. **Scientia Horticulturae**. Amsterdam, v.41, n.1, p.9-18, 1989.

MARTINS, G. **Uso de casa-de-vegetação como cobertura plástica na tomaticultura de verão**. 1992. 65p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 1992.

OLIVEIRA, M.R.V. de. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.30, n.8, p.1049-60, 1995.

PEREIRA, ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.30, n.8, p.1049-60, 1995.

PRADOS, N.C. **Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almeria: necesidades hídricas y extracción del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno**. 1986. 195p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Caja Rural Principal, Almeria.1986.

REIS, L. S.; SOUZA, J.L.; AZEVEDO, C. A. V. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.13, n.3, p.289–296, 2009.

REZENDE, F.C.; ALVES, D.R.B.; FURLAN, R.A.; PASSOS, K.S.; FRIZZONE, J.A.; FOLEGATTI, M.V. Determinação da evaporação em casa de tanque vegetação utilizando reduzido e atmômetro. **Irrigação**. Botucatu, v.9, n.3, p.282-288, 2004.

RIGHI, E.Z. **Consumo hídrico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado em estufa plástica e sua relação com variáveis meteorológicas em Santa Maria**. 2000. 83p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia). Escola de Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.2000.

ROSENBERG, N.J.; MCKENNEY, M.S.; MARTIN, P. Evapotranspiration in a greenhouse-warmed world: a review and a simulation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.47, n.3, p.303-320, 1989.

SENTELHAS, P. C.; SANTOS, A. O. Cultivo protegido: aspectos microclimáticos. In: Hillel, D. **Estimativa da evapotranspiração**. Academic Press, 1995. P.213-281.

STANGHELLINI, C. **Evaporation of a greenhouse crop and its relationship to the supply of heat**. Wageningen: IMAG, 1983. 31p.

STRECK, N.A.; BURIOL, G.A.; ANDRIOLO, J.L.; SANDRI, M.A. Influência da densidade de plantas e da poda apical drástica na produtividade do tomateiro em estufa de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.33, n.7, p.1105-1112, 1998

TANAKA, A.A. **Desenvolvimento de plantas de sorgo submetidas a diferentes níveis de lençol freático**. 2010. 64p. Dissertação (mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu. 2010.

VIANA, T.V.A.; FOLEGATTI, M. V.; AZEVEDO, B.M.; BOMFIM, G.V.; ELÓI, W.M. Evapotranspiração obtida com o sistema razão de Bowen e com um lisímetro de pesagem em ambiente protegido. **Irrigação**. Botucatu, v.8, n.2, p.113-119, 2003.

VILLELE, O. de. Les besoins en eau des cultures serre. Essai de conduite des arrosages en fonction de l'ensoleillement. **Acta Horticulturae**. Den Haag, v.35, p.123-130, 1972.

VILLELE, O. de. Le contexte climatic et culture de la serre. 1- La serre, agent de modification du climat. In: **L'INRA et les cultures sous serre**. Paris: INRA, 1993. p.21-27.