

UTILIZAÇÃO DE LISÍMETROS DE PESAGEM PARA A DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE CULTURA DO MELOEIRO (*Cucumis melo L.*) PARA CULTIVO EM ESTUFA AGRÍCOLA NA REGIÃO DE ARARAS - SP

JOSÉ G. PERES¹, LEANDRO MARCUSSI², CLAUDINEI F. SOUZA³,
CAETANO BRUGNARO⁴

RESUMO: Esta pesquisa foi conduzida em uma estufa agrícola instalada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, localizado em Araras - SP. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, de horizonte A moderado e textura argilosa. Os meloeiros estudados foram os híbridos Louis e HD 90. O experimento foi irrigado por gotejamento, e o controle da irrigação, realizado por meio de dois lisímetros de pesagem instalados dentro da estufa. A umidade do solo foi monitorada com uma sonda de TDR e mantida próxima de sua capacidade de campo. As informações climatológicas relevantes ao projeto foram coletadas em estações meteorológicas automáticas, instaladas dentro e fora da estufa. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelos modelos agroclimáticos de Penman-Monteith, Penman, Makkink e do Tanque Classe A. Os consumos totais de água medidos nos lisímetros foram de 254,5 mm e 188,6 mm, respectivamente, para os meloeiros Louis e HD 90, os quais correspondem ao consumo médio diário de 3,18 mm e 2,35 mm. Todos os modelos agroclimáticos avaliados subestimaram a evapotranspiração de referência estimada pelo modelo padrão de Penman-Monteith, variando de um mínimo de 26,9%, no caso do modelo de Penman, até um máximo de 74,3%, no caso do modelo de Makkink. Os coeficientes de cultura determinados pelo modelo padrão de Penman-Monteith, considerando-se aqui o valor médio dos dois tipos de meloeiros estudados, foram os seguintes: estágio inicial: 0,20; estágio intermediário: 1,10, e estágio final: 0,50.

PALAVRAS-CHAVE: melão, cultivo protegido, célula de carga.

USE OF WEIGHING LISIMETERS TO DETERMINE CROP COEFFICIENTS FOR MELON (*Cucumis melo L.*) TO BE CULTIVATED IN PLASTIC GREENHOUSE IN THE REGION OF ARARAS - SP

ABSTRACT: The research was conducted in a greenhouse installed at the experimental farm of the Center for Agrarian Sciences, Federal University of São Carlos, in the city of Araras - SP. The soil of the experimental area is dark red Latosols, dystrophic; moderate A horizon, clay texture. The melons studied were the hybrids Louis and HD 90. The experiment was irrigated by drip irrigation and control accomplished through two weighing lysimeters installed inside the greenhouse. Soil moisture was monitored with a TDR probe and maintained close to field capacity. The climatic information was collected in automatic weather stations installed inside and outside the greenhouse. The reference evapotranspiration (ET_o) was estimated by the Penman-Monteith, Penman, Makkink and Class A Pan models. The water consumption measured in the lysimeters was 254.5 mm and 188.6 mm, respectively, for melons Louis and HD 90, corresponding to an average daily consumption of 3.18 mm and 2.35 mm. All models underestimated the ET_o estimated by the standard model of Penman-Monteith varying from a minimum of 26.9% in the case of the Penman model up to 74.3% in the Makkink model. The crop coefficients determined by the standard model of Penman-Monteith, here considering the average value of the two types of melon studied, were as follows: early stage: 0.20; intermediate stage: 1.10 and final stage: 0.50.

KEYWORDS: melon, protected cultivation, load cell.

¹ Prof. Associado, Depto. de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, CCA-UFSCar, Araras - SP, jopepe@cca.ufscar.br.

² Graduando do Curso de Engenharia Agrônômica, CCA-UFSCar, Araras - SP.

³ Prof. Associado, Depto. de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, CCA-UFSCar, Araras - SP.

⁴ Prof. Associado, Depto. de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, CCA-UFSCar, Araras - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 7-2-2012

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 21-11-2012

INTRODUÇÃO

O cultivo do meloeiro em ambiente protegido tem proporcionado boa rentabilidade financeira aos agricultores das regiões Sul e Sudeste do Brasil, principalmente em razão de sua colheita coincidir com a entressafra nordestina dessa frutífera. Embora não estejam disponíveis informações confiáveis acerca da área de estufa ocupada com a cultura do meloeiro nessas regiões, estima-se, *grossa modo*, que ela esteja entre 35 e 40 hectares nos Estados de São Paulo e Paraná (GOTO & TIVELLI, 1998).

Como boa norma agrônômica, para que se possa ter um sistema de irrigação bem planejado e manejado, recomenda-se que sejam determinados o consumo de água e os coeficientes de cultura para cada um dos estádios vegetativos da cultura a ser irrigada. A determinação dos coeficientes de cultura (K_c) é um processo que se desenvolve em duas etapas. Na primeira, determina-se a evapotranspiração da cultura (E_{Tc}), o que normalmente é feito através de lisímetros; na segunda, uma equação empírica é utilizada para estimar a evapotranspiração de uma cultura de referência (E_{To}), que pode ser a grama (DOORENBOS & PRUITT, 1977), a alfafa (WRIGHT, 1982) ou, mesmo, uma cultura hipotética (SMITH, 1991; ALLEN et al., 1998). O coeficiente de cultura é então estimado através da expressão $K_c = E_{Tc}/E_{To}$.

A evapotranspiração da cultura (E_{Tc}) pode ser determinada por diferentes maneiras. De acordo com BURMAN & POCHOP (1994) e PEREIRA & ALLEN (1997), ela pode ser obtida a partir de medidas diretas, ou, então, indiretamente através de modelos agroclimáticos que utilizam as informações meteorológicas disponíveis localmente. No primeiro grupo, estão os diferentes tipos de lisímetros e o balanço de água no solo, enquanto no segundo estão incluídos os modelos agroclimáticos e o tanque Classe A.

Dentre os lisímetros, têm recebido especial destaque, pela sua exatidão, precisão e facilidade operacional, os lisímetros de pesagem, nos quais são utilizadas células de carga como mecanismo de pesagem. Este tipo de lisímetro determina a evapotranspiração da cultura diretamente, medindo a variação verificada em seu peso, admitindo-se a água como incompressível (BURMAN & POCHOP, 1994). A utilização de lisímetros de pesagem para a determinação do consumo de água dos cultivos agrônômicos, apesar de seu alto custo inicial, tem-se difundido muito no Brasil, podendo ser destacados estudos conduzidos por SILVA (1996), PEREIRA (1998), PERES (1999), GONÇALVES et al. (2005), FIETZ et al. (2005), CARVALHO et al. (2006) e MEDEIROS (2008).

A evapotranspiração de referência (E_{To}) também pode ser medida diretamente via lisímetros (FIETZ et al., 2005; CARVALHO et al., 2006) ou, como é o procedimento mais usual, estimada através de modelos agroclimáticos. DOORENBOS & PRUITT (1977) sugeriram a utilização de quatro modelos para a estimativa da evapotranspiração de referência, padrão grama; o de Blaney-Criddle, de Penman modificado, da radiação solar e do Tanque Classe A. Por sua vez, JENSEN et al. (1990) apresentaram uma extensa relação de modelos capazes de estimar esta variável climatológica, tanto para a cultura de referência grama quanto para a alfafa. Segundo SMITH (1991) e ALLEN et al. (1998), o modelo de Penman-Monteith é o mais preciso na estimativa da evapotranspiração de referência de uma cultura hipotética, a qual, em última análise, é a própria grama. Segundo estes autores, este modelo foi adotado como padrão pela FAO, pelo fato de ele fornecer estimativas de E_{To} com boa precisão e exatidão, o que seria resultado da incorporação em sua estrutura matemática de parâmetros ligados à fisiologia das plantas e à aerodinâmica da atmosfera. No entanto, como destacado por FIETZ et al. (2005), MEDEIROS (2002) e MEDEIROS (2008), a utilização do modelo de Penman-Monteith fica condicionada à disponibilidade de vários dados climatológicos nem sempre disponíveis localmente. Esta constatação leva à utilização de modelos agroclimáticos que demandam um número menor de informações climatológicas para o seu uso, como é o caso dos modelos de Makkink, Hargreaves, Priestley-Taylor e do Tanque Classe A, entre outros. Entretanto, esses mesmos autores sugerem que os modelos utilizados sejam calibrados em relação ao modelo de Penman-Monteith, que é então assumido como padrão.

DOORENBOS & PRUITT (1977) propuseram a divisão do ciclo vegetativo das principais culturas agrônômicas em quatro estádios de desenvolvimento: inicial, de desenvolvimento, intermediário e de maturação. Segundo estes pesquisadores, no caso do meloeiro, as durações destes estádios seriam, respectivamente, de 25; 35; 40 e 20 dias, perfazendo um ciclo total de 120 dias. É importante destacar que estas durações dos estádios vegetativos estão relacionadas às condições de um clima do tipo mediterrâneo, que se caracteriza por apresentar baixa precipitação pluvial, temperaturas amenas, invernos e outonos chuvosos e verões secos. ALLEN et al. (1998) procederam uma ampla revisão do relatório FAO-24 (DOORENBOS & PRUITT, 1977), na qual propuseram a divisão do ciclo vegetativo das culturas em três estádios, nominalmente: estádio inicial, intermediário e final, apresentando para estes estádios os seguintes coeficientes de cultura para o meloeiro: 0,50; 1,05 e 0,75. De acordo com MAROUELLI et al. (1996), os coeficientes de cultura do meloeiro para estes mesmos estádios vegetativos são os seguintes: 0,40; 0,95 e 0,65, considerando-se umidade relativa alta e velocidade de vento baixa.

Trabalhando em situação de campo e nas condições edafoclimáticas do norte da Bahia, OLIVEIRA et al. (2010) observaram que o consumo de água pela cultura do meloeiro foi muito influenciado pelas condições climáticas observadas durante o ciclo vegetativo da cultura. Em um experimento conduzido durante o verão, estes pesquisadores observaram que o consumo de água pelo melão foi de 225,9 mm, enquanto, em um plantio de inverno, ele foi de 147,0 mm, ou seja, verificou-se diminuição de 35% no consumo de água. Estes números estão relacionados a ciclos vegetativos de 58 e 61, dias e correspondem, respectivamente, a valores médios diários de 3,9 mm e 2,4 mm. Por sua vez, CARON & HELDWEIN (2000), trabalhando nas condições edafoclimáticas de Santa Maria - RS, estudaram três safras de meloeiros cultivados em estufa, na primavera, e obtiveram um consumo de água médio de 1,66 mm dia⁻¹. Esta grande variação no consumo de água do meloeiro também foi verificada por MIRANDA et al. (1999) em condições de campo, o que levou estes mesmos autores a recomendar a realização de estudos regionalizados para determinar o consumo de água e os coeficientes de cultura do meloeiro.

Em decorrência do exposto anteriormente, este estudo teve como objetivos principais determinar o consumo de água e os coeficientes de cultura para os diferentes estádios vegetativos da cultura do meloeiro, para seu cultivo em estufa agrícola, sob irrigação, nas condições edafoclimáticas de Araras - SP.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi conduzida na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, situado no município de Araras - SP, cujas coordenadas geográficas são as seguintes: latitude 22°18'S, longitude 47°23'W e altitude média de 707 m. O clima local, pela classificação de Köppen, é do tipo Cwa, mesotérmico, com verões quentes e úmidos, e invernos secos. O solo predominante na área experimental é um Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, de horizonte A moderado e textura argilosa. Considerando-se a profundidade de 0-0,60 m, foram determinados os seguintes indicadores físico-hídricos médios para esse solo: massa específica de 1.240 kg m⁻³, massa específica das partículas de 3.000 kg m⁻³ e umidades volumétricas de 33,1 e 25,3%, respectivamente, para os potenciais matriciais de -3,3 e -150 J N⁻¹ (-1/3 e -15 atm), correspondentes, respectivamente, à capacidade de campo e ao ponto de murchamento permanente do solo.

Na condução da pesquisa, foi utilizada uma estufa plástica convencional, dotada de estrutura de madeira e de ferro galvanizado, medindo 20 m de comprimento, 6,5 m de largura, 4,5 m de altura em seu centro e 3 m de altura em suas laterais. A estufa era coberta com um plástico transparente de polietileno de baixa densidade, 150 micras de espessura, aditivado contra a ação dos raios ultravioletas. Para proteção lateral, era utilizada uma malha preta à base de polipropileno (sombrite), apresentando aberturas de 2 mm e capacidade de sombreamento da ordem de 30%. A estufa foi disposta com seu maior comprimento acompanhando o sentido da linha leste - oeste.

O consumo de água dos meloeiros (ETc) foi medido através de dois lisímetros de pesagem instalados dentro da estufa. Basicamente, cada lisímetro de pesagem é constituído de dois tanques metálicos encaixáveis, construídos com chapas de aço de 4,8 mm de espessura. O tanque externo não tem fundo, e sua função é conter as paredes da escavação. O tanque interno, que é o elemento funcional do lisímetro, apresenta as seguintes dimensões: 1,40 m x 1,20 m x 0,75 m, resultando em uma área exposta de 1,68 m². O sistema de pesagem de cada lisímetro é constituído por três células de carga, cada uma delas com capacidade de pesagem de 1.135 kgf.

Para o atendimento dos objetivos desta pesquisa, foram coletados dados climáticos dentro e fora da estufa. Dentro da estufa, foram instalados sensores para coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação global e radiação líquida, enquanto fora dela, foram instalados sensores para coleta de dados de pressão barométrica e evaporação de água em um tanque Classe A. As informações climáticas e lisimétricas foram coletadas, utilizando-se de varreduras horárias dos sensores, que eram a seguir acumuladas em termos diários e processadas posteriormente em médias de cinco dias, ou pentadias.

No experimento, foram utilizados dois híbridos de meloeiro desenvolvidos pela Takii do Brasil Ltda., na qual são referenciados como Louis e HD 90. A semeadura dos meloeiros foi realizada no dia 22/12/2010, utilizando-se de bandejas plásticas com volume de substrato da ordem de 30 cm³ por célula. O transplântio das mudas foi realizado em 05/01/2011, quando elas apresentavam o primeiro par de folhas verdadeiras bem definido, e seu sistema radicular já tinha preenchido toda a célula da bandeja. As mudas foram transplantadas no espaçamento de 0,30 m x 1,10 m, tanto nos lisímetros quanto nos canteiros. Em cada um dos dois lisímetros, foi plantado um único tipo de meloeiro, visando ao manejo da irrigação individualizado para cada um dos híbridos estudados. Também foi utilizada a técnica do *mulching* com plástico de cor preta, prática esta bastante difundida entre os produtores de melão em cultivo protegido.

O preparo do solo constou de seu revolvimento total com enxada. Os canteiros, em número de quatro, foram levantados manualmente e, em média, tinham 0,20 m de altura, largura de 1,0 m e 20 m de comprimento. A calagem e a adubação foram feitas segundo a análise química do solo e de acordo com as necessidades da cultura do meloeiro, conforme recomendações do Boletim Técnico 100 do IAC (TRANI et al., 1996). O calcário foi incorporado ao solo com uma antecedência de 30 dias ao preparo do solo, na quantidade de 2.700 kg ha⁻¹. A adubação de plantio constou da aplicação de 0,062 kg m⁻² (62 g m⁻²) da fórmula 4-14-8, correspondente a uma aplicação de 0,0213 kg (21,3 g) de fertilizante por planta. Em cobertura, foram utilizadas as quantidades de 1,22 e 0,90 kg, respectivamente, de nitrato de potássio e nitrato de cálcio, as quais foram divididas em três aplicações de quantidades iguais. A adubação de cobertura foi realizada por fertirrigação.

Os meloeiros foram conduzidos no sistema de espaldadeira vertical, com as plantas tutoradas em haste única por meio de um fitilho plástico até o primeiro arame da espaldadeira. A colheita foi realizada no dia 27/03/2011, quando as plantas tinham 82 dias após o seu transplântio (82 DAT). Para a verificação do ponto ideal de colheita, os frutos foram analisados quanto ao grau brix, aparência e verificação do anel de abscisão.

O experimento foi irrigado por gotejamento, utilizando-se de tubos gotejadores de 16 mm de diâmetro, com gotejadores espaçados de 0,25 m e vazão de 2,3 L h⁻¹, quando operando a uma pressão de serviço de 10⁵ Pa (~1 atm). A quantidade de água aplicada nas cultivares de meloeiro (ETc) foi individualizada para cada tipo de meloeiro, e sua determinação, feita com base na variação diária do peso dos lisímetros. O controle de umidade do solo foi realizado através de uma sonda de TDR, modelo Trase, fabricada pela Soil Moisture Corp. Durante toda a duração do experimento, procurou-se manter a umidade do solo próxima de sua capacidade de campo, no caso deste experimento, equivalente a um potencial matricial ao redor de -2 a -3 J N⁻¹ (~ -0,2 a -0,3 atm).

A evapotranspiração de referência para o padrão grama (ETo) foi estimada através dos modelos agroclimáticos de Penman-Monteith (MONTEITH, 1965; ALLEN et al., 1998), de Penman (PENMAN, 1948; DOORENBOS & PRUITT, 1977), de Makkink (MAKKINK, 1957;

PEREIRA & ALLEN, 1997) e do Tanque Classe A (DOORENBOS & PRUITT, 1977; ALLEN et al., 1998).

Na escolha dos métodos agroclimáticos para a determinação de ETo, procurou-se contemplar situações em que se dispõe desde grande disponibilidade de informações climáticas (modelos de Penman-Monteith e de Penman), até aquelas onde elas são escassas (modelo de Makkink). A escolha do modelo do Tanque Classe A foi feita em função de seu baixo custo e pela simplicidade de uso do equipamento.

1) Modelo de Penman-Monteith

$$ET_{oPM} = \frac{0,408 \Delta R_n + \left[\gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) V (e_s - e_a) \right]}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 V)} \quad (1)$$

em que, ET_{oPM} é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); Δ é a tangente à curva da pressão de saturação do vapor de água ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); R_n é a densidade de fluxo de radiação líquida ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); e_s é a pressão de saturação do vapor de água (kPa); e_a é a pressão atual do vapor de água (kPa), e V a velocidade média do vento (m s^{-1}).

2) Modelo de Penman

$$ET_{oPen} = \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) R_n + \left(\frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \right) 2,7 (1 + 0,864 V_2) (e_s - e) \quad (2)$$

em que, ET_{oPen} é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); Δ a tangente à curva da pressão de saturação do vapor de água ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); γ o coeficiente psicrométrico ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); R_n é a densidade de fluxo de radiação líquida (mm dia^{-1}); V_2 a velocidade do vento média (m s^{-1}); e_s a pressão de saturação do vapor de água (kPa); e e a pressão atual do vapor de água (kPa).

3) Modelo de Makkink

$$ET_{oMak} = 0,61 \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) R_s - 0,12 \quad (3)$$

em que, ET_{oMak} é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); Δ a tangente à curva da pressão de saturação do vapor de água ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); γ o coeficiente psicrométrico ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); R_s é a densidade de fluxo de radiação global (mm dia^{-1}).

4) Modelo do Tanque Classe A

$$ET_{oTCA} = k_p ECA \quad (4)$$

em que, ET_{oTCA} é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}), e k_p é um coeficiente de tanque adimensional.

Segundo SNYDER (1992), o coeficiente de tanque pode ser estimado pela equação apresentada a seguir:

$$k_p = 0,482 + 0,024 \ln F - 0,000376 V + 0,0045 UR \quad (5)$$

em que, F é o tamanho da bordadura em relação ao tanque de evaporação (m); V é a velocidade média do vento (km dia^{-1}), e UR é a umidade relativa média do ar (%).

Como proposto por JENSEN (1973), DOORENBOS & PRUITT (1977) e ALLEN et al. (1998), os coeficientes da cultura (K_c) dos meloeiros foram obtidos dividindo-se a

evapotranspiração da cultura (ET_c) pela evapotranspiração de referência (ET_o), ou seja, $K_c=ET_c/ET_o$.

Para os efeitos desta pesquisa, o modelo de Penman-Monteith foi considerado como modelo padrão (SMITH, 1991; ALLEN et al., 1998), e suas estimativas de ET_o (ET_oPM) e de K_c (K_cPM), utilizadas como referência para comparação com as estimativas fornecidas pelos outros modelos.

As análises de regressão foram realizadas, tomando-se as estimativas da evapotranspiração de referência pelo modelo de Penman-Monteith (ET_oPM) como variável dependente, e as estimativas dos demais modelos, como variáveis independentes (ET_oPen ; ET_oMak e ET_oTCA), o mesmo ocorrendo em relação aos coeficientes de cultura. Por oportuno, deve ser salientado que as respectivas equações lineares foram obtidas forçando-se a passagem da reta da regressão pela origem dos eixos coordenados.

A metodologia utilizada na comparação dos resultados baseou-se na avaliação do coeficiente angular (b) e do coeficiente de determinação (r^2) das retas de regressão, pois estes dois indicadores traduzem tanto a exatidão máxima, quando $b=1$, quanto a precisão máxima, quando $r^2=1$, do modelo utilizado nas estimativas. Também foi utilizado o índice de concordância (d) proposto por WILLMOTT (1981), que é utilizado para aferir o grau de concordância entre os valores observados e suas estimativas, sendo que $d=1$ significa concordância perfeita e $d=0$ significa ausência de concordância entre os dados comparados. O modelo de melhor desempenho será aquele que apresentar o melhor conjunto desses indicadores, salientando-se que são desejáveis valores altos de r^2 (r) e de d e valores de b próximos de 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os consumos de água, ou evapotranspiração da cultura (ET_c), dos meloeiros Louis e HD 90, que foram medidos através dos lisímetros de pesagem, estão apresentados na escala pentadiária na Figura 1.

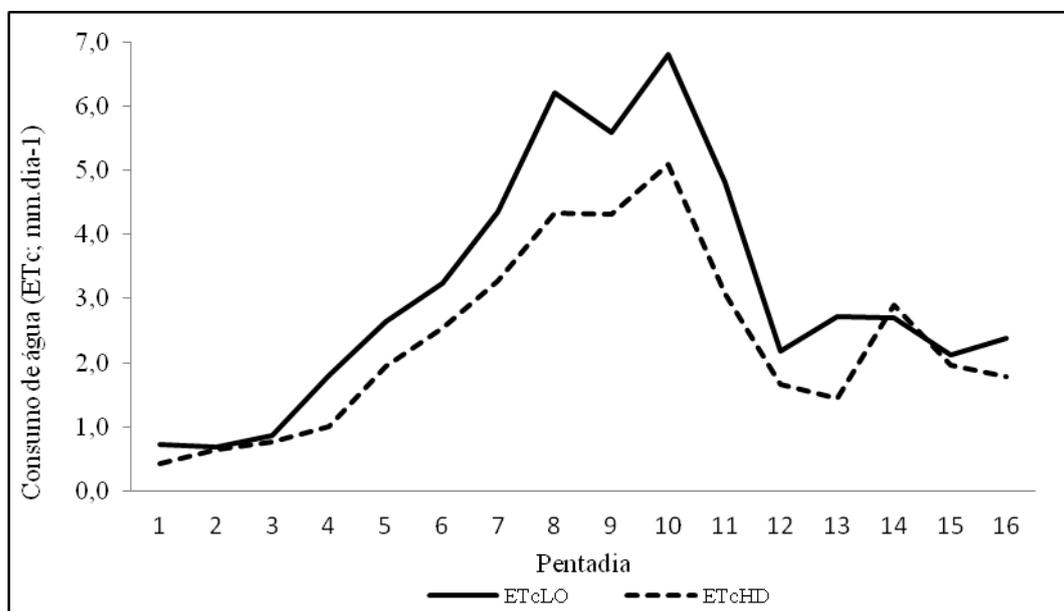


FIGURA 1. Consumo de água ao longo do ciclo vegetativo dos meloeiros Louis e HD 90 ($mm\ dia^{-1}$). **Water requirement during vegetative cycle of Louis and HD 90 melons ($mm.day^{-1}$).**

Nela, pode ser observado que, no geral, o consumo de água do meloeiro Louis foi quase sempre superior àquele do HD 90. Os consumos de água totais medidos para os meloeiros Louis e HD 90 foram, respectivamente, de 254,5 mm e 188,6 mm, valores correspondentes a um consumo médio diário de 3,18 mm e 2,35 mm. Os consumos de água mínimos dos meloeiros

(Louis: 0,76 mm dia⁻¹; HD 90: 0,71 mm dia⁻¹) ocorreram no estágio inicial da cultura, o que pode ser explicado pelo pequeno índice de área foliar das plantas naquele período. Por sua vez, os consumos de água máximos (Louis: 4,60 mm dia⁻¹; HD 90: 3,28 mm dia⁻¹) foram medidos no estágio intermediário da cultura, o que também pode ser explicado pelo aumento do índice de área foliar das plantas, que, no período, cobriam quase totalmente a superfície do solo.

Os consumos de água médios anteriores são inferiores aos obtidos por OLIVEIRA et al. (2010) em condições de campo, porém mais elevados do que aqueles determinados em estufa por CARON & HELDWEIN (2000). Estas determinações experimentais mostram a grande influência que tem o clima no consumo de água do meloeiro. Por sua vez, MONTEIRO (2007) determinou, para as condições edafoclimáticas de Piracicaba - SP, que são muito próximas daquelas de Araras-SP, um consumo de água médio diário de 2,30 mm para o meloeiro conduzido em estufa, valor inferior ao do meloeiro Louis, porém próximo daquele observado para o meloeiro HD 90.

A duração do ciclo vegetativo dos meloeiros Louis e HD 90 foi de 82 dias, o qual foi dividido em 16 pentadias, como mostrado na Figura 1. Com base nesta figura, foram estimadas as durações dos estádios vegetativos para cada tipo de meloeiro, estando os resultados obtidos apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Duração dos estádios vegetativos dos meloeiros Louis e HD 90. **Lengths of growth stages of Louis and HD 90 melons.**

Meloeiro	Duração dos Estádios Vegetativos (dia)			
	Inicial	Desenvolvimento	Intermediário	Final
Louis	15 (0-15)	30 (15-45)	15 (45-60)	22 (60-82)
HD 90	20 (0-20)	25 (20-45)	15 (45-60)	22 (60-82)

Os valores da Tabela 1 diferem muito, principalmente quanto à duração total do ciclo vegetativo do meloeiro, daqueles apresentados por DOORENBOS & PRUITT (1977) e ALLEN et al. (1998). Estas diferenças podem estar relacionadas, principalmente, com o tipo de clima, que é, no caso deste experimento, temperado com invernos frios e secos, e verões quentes e chuvosos, e mediterrâneo com invernos e outonos chuvosos, e verões secos, no caso das duas citações.

Durações semelhantes àquelas da Tabela 1 foram observadas por SILVA et al. (2004) na região de Piracicaba-SP, e por OLIVEIRA et al. (2010) em Juazeiro - BA. MIRANDA et al. (1999), trabalhando nas condições edafoclimáticas da região litorânea do Ceará, observaram que o ciclo vegetativo do meloeiro foi de 66 dias, com destaque para a duração do estágio final da cultura, que foi de apenas sete dias, o que pode estar associado à grande disponibilidade de energia solar na região do estudo, favorecendo o rápido amadurecimento dos frutos.

Na Tabela 2, estão apresentados os valores médios da evapotranspiração de referência, em base pentadiária, estimados pelos quatro modelos agroclimáticos propostos para seu cálculo nesta pesquisa.

TABELA 2. Indicadores estatísticos da evapotranspiração de referência pentadiária estimada pelos modelos agroclimáticos estudados (mm dia⁻¹;%). **Mean, standard deviation and coefficient of variation estimated by the different models studied (mm.day⁻¹; %).**

	EToPM	EToPen	EToMak	EToTCA
Média	4,42	3,45	2,51	3,04
DPadrão	1,27	1,11	0,81	1,38
C.V.	28,7	32,1	32,3	45,5

Pode ser verificado nesta tabela que as estimativas de ETo apresentaram uma dispersão muito grande, como pode ser constatado pelos respectivos desvios-padrão e coeficientes de variação, o

que, certamente, deveu-se a variabilidade natural dos parâmetros climáticos utilizados nos cálculos. Entretanto, também se pode notar que os modelos agroclimáticos apresentaram coeficientes de variação próximos a 30%, enquanto o do Tanque Classe A foi cerca de 50% mais alto do que dos demais modelos. Este fato atenta contra o senso comum de que o Tanque Classe A é um equipamento de fácil manejo, pois, na prática, isto não se verifica, visto que ele está sempre sujeito aos efeitos negativos da chuva, da ação dos pássaros e dos animais, e da qualidade de coleta das informações.

Na Tabela 3, estão apresentados os indicadores estatísticos relativos à comparação entre os valores da evapotranspiração de referência estimados pelo modelo de Penman-Monteith com aqueles obtidos pela aplicação dos demais modelos agroclimáticos.

TABELA 3. Coeficiente de regressão (b), coeficientes de determinação e correlação (r^2 ; r) e índice de Willmott (d) entre as estimativas da evapotranspiração de referência pelo modelo de Penman-Monteith (EToPM) e pelos modelos de Penman (EToPen), Makkink (EToMak) e Tanque Classe A (EToTCA). **Regression coefficient (b), coefficient of determination and correlation (r^2 ; r) and Willmott index (d) among the reference evapotranspiration estimates by Penman-Monteith model and by the Penman (EToPen), Makkink (EToMak) and Class A Pan (EToTCA) models.**

Modelo	Equação de Regressão		d
	b	r^2 (r)	
Penman	1,27	0,98 (0,99)	0,85
Makkink	1,74	0,98 (0,99)	0,59
TCA	1,31	0,51 (0,71)	0,61

Pode ser observado na Tabela 3 que todos os modelos agroclimáticos estudados apresentaram coeficientes angulares (b) das respectivas equações de regressão maiores do que 1, o que é indicativo de que todos eles subestimaram os valores de EToPM. O modelo de Penman estimou os valores de EToPM com exatidão razoável (erro para menos de 27%), precisão excelente ($r^2=0,98$; $r=0,99$) e concordância alta ($d=0,85$). O bom desempenho do modelo de Penman em relação às estimativas obtidas pelo modelo de Penman-Monteith é sempre esperado, uma vez que esses modelos se diferenciam pela presença do termo relativo à resistência estomática na equação de Penman-Monteith. Outro ponto a ser considerado é que os denominadores das duas equações ficam praticamente iguais em ambiente protegido, uma vez que a velocidade média do vento dentro da estufa é muito baixa. PEREIRA et al. (2009) avaliaram o desempenho de 10 modelos agroclimatológicos utilizados para a estimativa da evapotranspiração de referência em relação ao padrão de Penman-Monteith, nas condições climáticas da Serra da Mantiqueira mineira, e verificaram que o modelo de Penman superestimou a EToPM em 13,9% ($b=0,86$, $r^2=0,98$, $d=0,91$). Comparando-se estes indicadores com os obtidos nesta pesquisa, verifica-se que, com exceção do coeficiente angular, os demais indicadores foram bastante próximos.

O modelo de Makkink ajustou os valores de EToPM com exatidão muito baixa (erro para menos de 74%), precisão excelente ($r^2=0,98$; $r=0,99$) e concordância média ($d=0,59$). Em relação ao modelo de Makkink, PEREIRA et al. (2009) verificaram que ele superestimou a EToPM em 8,6% ($b=1,086$, $r^2=0,84$, $d=0,84$), desempenho muito superior ao que foi observado nesta pesquisa. CONCEIÇÃO & MANDELLI (2005), em estudo realizado na região de Bento Gonçalves - RS, estudaram o desempenho de seis modelos agroclimáticos para a determinação de ETo e verificaram que as melhores estimativas de EToPM foram obtidas com aqueles modelos que utilizam a radiação global como variável independente, com destaque para o modelo de Makkink.

O modelo do Tanque Classe A ajustou os valores de EToPM com exatidão razoável (erro para menos de 31%), precisão média ($r^2=0,51$; $r=0,71$) e concordância média ($d=0,61$). Assim, pelos indicadores da Tabela 3, o modelo de Makkink teria tido um desempenho superior ao do Tanque

Classe A como estimador de EToPM, o que, de fato, merece reparos. Segundo ALLEN et al. (1989), o coeficiente de determinação não é um bom indicador da exatidão do modelo, mas, sim de sua precisão, ou repetibilidade, enquanto a exatidão do modelo é dada pelo coeficiente angular da equação de regressão. No caso desta pesquisa, o modelo do Tanque Classe A estimou a EToPM com um grau de exatidão próximo daquele do modelo de Penman, uma vez que $b_{TCA}=1,31$ e $b_{Pen}=1,27$, e de maneira muito superior à do modelo de Makkink, para o qual $b_{Mak}=1,74$. MEDEIROS (2002), avaliando oito modelos de estimativa de EToPM na região de Paraipaba - CE, obteve para o modelo do Tanque Classe A os indicadores a seguir: $b=0,90$, $r^2=0,37$ e $d=0,62$. Comparando-se esses indicadores com os obtidos nesta pesquisa, pode ser observado que eles são bastante próximos, fazendo exceção a diferença entre os coeficientes angulares, que mostram maior exatidão do modelo do Tanque Classe A para a estimativa de ETo nas condições cearenses, onde se verificou um erro para mais de 10%, contra um erro para menos de 31% nesta pesquisa.

Numa classificação tentativa, baseada na exatidão dos modelos, o modelo de melhor desempenho na estimativa de EToPM nesta pesquisa seria o de Penman, seguido, na ordem, pelos modelos do Tanque Classe A e de Makkink.

Na Figura 3, mostra-se que os modelos agroclimáticos de Penman-Monteith, Penman e Makkink geraram valores de ETo que, embora diferentes numericamente, apresentaram a mesma tendência estimativa, como pode ser observado comparando-se o caminhar das respectivas curvas com as curvas do consumo de água dos meloeiros ao longo de seu ciclo vegetativo. O mesmo, entretanto, não se verificou com o modelo do Tanque Classe A, cujas estimativas de EToPM nem sempre acompanharam a tendência dos outros modelos, especialmente nos pentadias iniciais e finais do ciclo vegetativo dos meloeiros. Estas divergências podem estar associadas à inércia do modelo em relação aos efeitos da radiação solar e da temperatura do ar na água do TCA.

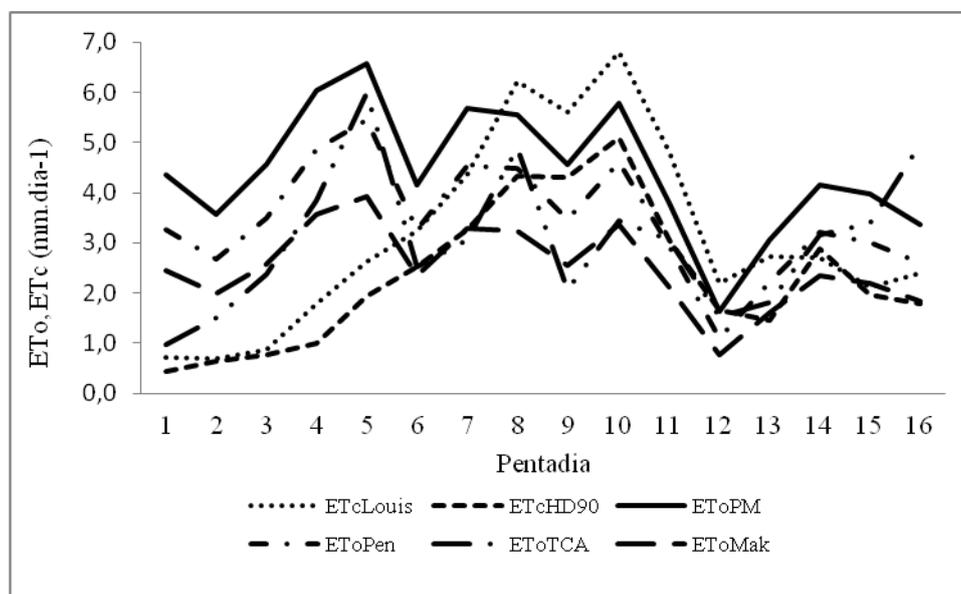


FIGURA 2. Variação da evapotranspiração de referência estimada pelos modelos agroclimáticos ao longo do ciclo vegetativo dos meloeiros (pentadia; mm dia^{-1}). **Variation of reference evapotranspiration estimated by agro-climatic models along the vegetative cycle of Louis and HD 90 melons (pentadia; mm.day^{-1}).**

Na Tabela 4, estão apresentados os valores médios dos coeficientes de cultura (K_c) estimados pelos quatro modelos agroclimáticos para os dois tipos de meloeiro. Nesta tabela, pode ser observado que as estimativas dos coeficientes de cultura também apresentaram uma grande dispersão, como pode ser constatado através dos respectivos coeficientes de variação, todos eles próximos de 60%, com resultado ligeiramente melhor para o modelo de Penman-Monteith.

TABELA 4. Média, desvio-padrão e coeficiente de variação das estimativas pentadiárias dos coeficientes de cultura para os meloeiros híbridos Louis e HD 90. **Mean, standard deviation, coefficient of variation of five-day estimates of crop coefficient of Louis and HD 90 melons.**

	Meloeiro Louis				Meloeiro HD 90			
	KcP	KcPen	KcMak	KcTCA	KcPM	KcPen	KcMak	KcTCA
Média	0,73	0,96	1,32	1,10	0,55	0,71	0,99	0,81
DPadrão	0,41	0,56	0,78	0,66	0,30	0,41	0,57	0,49
C.V. (%)	56,1	58,1	58,7	60,1	54,8	56,9	57,6	60,0

Assim como foi feito no caso da evapotranspiração de referência, os coeficientes de cultura estimados pela aplicação do modelo de Penman-Monteith também foram considerados valores de referência. Em razão disso, as estimativas dos coeficientes de cultura pelo modelo de Penman (KcPen), de Makkink (KcMak) e do Tanque Classe A (KcTCA) foram comparadas por análise de regressão linear às obtidas pelo modelo de Penman-Monteith (KcPM).

Na Tabela 5, estão apresentados os indicadores estatísticos relativos à comparação entre os valores de Kc estimados pelo modelo de Penman-Monteith com os obtidos pelos demais modelos. Nesta tabela, pode ser observado que todos os modelos estudados apresentaram coeficientes angulares (b) das respectivas equações de regressão menores do que 1, condição esta indicativa de que todos os modelos superestimaram os valores de KcPM. É oportuno destacar que esta situação já era prevista, uma vez que todos os modelos subestimaram a evapotranspiração de referência.

TABELA 5. Coeficiente de regressão (b), coeficientes de determinação e de correlação (r^2 ; r) e índice de Willmott (d) entre as estimativas do coeficiente de cultura pelo modelo de Penman-Monteith (KcPM) e pelos modelos de Penman (KcPen), Makkink (KcMak) e Tanque Classe A (KcTCA). **Regression coefficient (b), coefficient of determination and correlation (r^2 ; r) and Willmott index (d) among the crop coefficient estimates by Penman-Monteith model (KcPM) and by the Penman (KcPen), Makkink (KcMak) and Class A Pan (KcTCA) models.**

Modelo	Louis			HD 90		
	b	$r^2(r)$	d	b	$r^2(r)$	d
Penman	0,76	0,99(1,00)	0,92	0,76	0,99(1,00)	0,92
Makkink	0,55	0,98(0,99)	0,72	0,55	0,98(0,99)	0,71
TCA	0,63	0,63(0,79)	0,75	0,63	0,63(0,79)	0,75

O modelo de Penman estimou os valores de KcPM com razoável exatidão (erro para mais de 24%), precisão excelente ($r^2=0,99$; $r=1,00$) e concordância alta ($d=0,92$), indicadores estes já esperados em razão do bom desempenho deste modelo na determinação da ETo. O modelo de Makkink estimou os valores de KcPM com exatidão baixa (erro para mais de 45%), precisão excelente ($r^2=0,98$; $r=0,99$) e boa concordância ($d=0,72$). O modelo do Tanque Classe A teve um desempenho intermediário aos modelos anteriores, pois estimou KcPM com exatidão razoável (erro para mais de 37%), precisão média ($r^2=0,63$; $r=0,79$) e concordância boa ($d=0,75$).

Numa classificação tentativa, baseada apenas na exatidão dos modelos, aquele de melhor desempenho na estimativa de KcPM seria o de Penman, seguido, na ordem, pelos modelos do Tanque Classe A e de Makkink. Destaque-se, ainda, que esta mesma ordem foi sugerida quando da análise dos desempenhos dos modelos na estimativa de EToPM.

Na Tabela 6, estão apresentados os coeficientes de cultura obtidos para os quatro estádios vegetativos dos dois tipos de meloeiro estudados por meio dos quatro modelos agroclimáticos utilizados em sua estimativa, na qual pode ser observado que, à exceção do modelo de Makkink,

todos os demais estimaram os coeficientes de cultura com valores próximos aos disponíveis na literatura especializada.

Pelos números da Tabela 6, pode ser verificado que os coeficientes de cultura pertinentes aos estádios fenológicos inicial e final foram muito próximos para os dois tipos de meloeiro, o mesmo não acontecendo, porém, no estágio intermediário, no qual as diferenças foram significativas, com valores mais altos para o meloeiro Louis do que para o HD 90. Uma vez que o manejo adotado foi o mesmo para os dois tipos de meloeiro, pode-se conjecturar que estas diferenças se devam principalmente às características genéticas de cada tipo de meloeiro.

TABELA 6. Coeficientes de cultura determinados para os estádios vegetativos dos meloeiros Louis e HD 90. **Crop coefficient for growth stages of Louis and HD 90 melons.**

Meloeiro Louis			
Modelo	Estádios de Desenvolvimento		
	Inicial (Kc_{Ini})	Intermediário (Kc_{Int})	Final (Kc_{Fin})
KcPM	0,20	1,20	0,50
KcPen	0,25	1,60	0,60
KcMak	0,35	2,00	0,85
KcTCA	0,50	1,40	0,50
Meloeiro HD 90			
Modelo	Estádios de Desenvolvimento		
	Inicial (Kc_{Ini})	Intermediário (Kc_{Int})	Final (Kc_{Fin})
KcPM	0,20	0,95	0,45
KcPen	0,20	1,05	0,65
KcMak	0,25	1,50	0,75
KcTCA	0,35	1,25	0,40

Comparando-se os valores dos coeficientes de cultura da Tabela 6 com os propostos por ALLEN et al. (1998) e MAROUELLI et al. (1996) pode ser verificado que estes valores disponíveis na literatura são próximos com os estimados pelos modelos de Penman, Penman-Monteith e do Tanque Classe A, embora este último tenha apresentado maior proximidade com aqueles da FAO; o mesmo acontece com os citados por MAROUELLI et al. (1996), principalmente no caso do meloeiro HD 90. CARON & HELDWEIN (2000) estimaram os coeficientes de cultura do meloeiro cultivado em estufa plástica através dos modelos de Penman-Monteith e Penman, e obtiveram os seguintes valores para os coeficientes de cultura: $Kc_{Ini+Des}=0,34$; $Kc_{Int}=0,70$ e $Kc_{Fin}=0,76$. Estes valores são muito diferentes dos obtidos nesta pesquisa, principalmente no estágio intermediário, o que pode estar associado às diferenças climáticas entre as duas áreas experimentais. MIRANDA et al. (1999), trabalhando em condições de campo no litoral cearense, obtiveram os valores a seguir para os coeficientes de cultura para o modelo de Penman-Monteith: $Kc_{Ini}=0,21$; $Kc_{Int}=1,21$ e $Kc_{Fin}=0,98$. Como se pode observar na Tabela 6, estes valores são muito próximos àqueles do meloeiro Louis, à exceção do coeficiente de cultura relativo ao estágio final, muito mais elevado nas condições edafoclimáticas do Ceará, o que pode estar associado à curta duração do estágio final, que ali foi observada.

CONCLUSÕES

O consumo de água médio do meloeiro Louis ($3,18 \text{ mm dia}^{-1}$) é 35% superior àquele do meloeiro HD 90 ($2,35 \text{ mm dia}^{-1}$), considerando-se um ciclo vegetativo de 82 dias para os dois tipos de meloeiros.

Os modelos que estimam a EToPM com maior exatidão são, pela ordem, o de Penman e o do Tanque Classe A.

Os coeficientes de cultura para serem utilizados no modelo de Penman-Monteith (KcPM) para a determinação do consumo de água da cultura do meloeiro cultivada em estufa plástica, aqui se considerando o valor médio dos dois tipos de meloeiros estudados, são os seguintes: estágio inicial: 0,20; estágio intermediário: 1,10, e estágio final: 0,50.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BURMAN, R.; POCHOP, L. *Evaporation, evapotranspiration, climatic data*. Amsterdam, Elsevier, 1994. 275 p. (Developments in Atmospheric Science, 22).
- CARON, B.O.; HELDWEIN, A. B. Consumo de 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.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; FOLEGATTI, M. V.; COSTA, J. R.; CRUZ, F. A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica - RJ, utilizando lisímetro de pesagem. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.14, n.2, p.187-195, 2006.
- CONCEIÇÃO, M.A.F.; MANDELLI, F. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves - RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.13, n.2, p.303-307, 2005.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. *Guidelines for predicting crop water requirements*. Rome: FAO, 1977. 156 p. (Irrigation and Drainage Papers, 24).
- FIETZ, C. R.; SILVA, F. C.; URCHEI, M. A. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para a região de Dourados - MS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.13, n.2, p.250-255, 2005.
- GONÇALVES, A. O.; FAGNANI, M. A.; PERES, J. G. Efeitos da cobertura do solo com filme de polietileno azul no consumo de água da cultura da alface cultivada em estufa. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.622-631, 2005.
- GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Org.). *Produção de hortaliças em ambiente protegido*. São Paulo: UNESP, 1998. 319 p.
- JENSEN, M. E. *Water consumption by agricultural plants*. New York: ASCE, 1973. 215 p.
- JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. *Evapotranspiration and irrigation water requirements*. New York: ASCE, 1990. 332 p. (Manuals and Reports on Engineering Practice, 70).
- MAKKINK, G. F. Testing the Penman formula by means of lysimeters. *Journal of the Institution of Water Engineers*, London, v.11, n.3, p.277-278, 1957.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. *Manejo da irrigação em hortaliças*. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPQ, 1996. 72 p.
- MEDEIROS, A. T. *Estimativas da evapotranspiração de referência a partir da Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas*. 2002. 103 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- MEDEIROS, P. V. *Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de estimativas de nove equações empíricas com base na equação de Penman-Monteith*. 2008, 241 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

- MIRANDA, F. R.; SOZA, F.; RIBEIRO, R. S. F. Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo para a cultura do melão plantado na região litorânea do Estado do Ceará. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.18, n.4, p.63-70, 1999.
- MONTEIRO, R. O. C. *Influência do gotejamento subterrâneo e do “mulching” plástico na cultura do melão em ambiente protegido*. 2007, 178 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- MONTEITH, J. L. Evaporation and environment. *Symposio of the Society Experimental Biology*, London, v.19, p.205-234, 1965.
- OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; ALMEIDA, A. C. Determinação da evapotranspiração e dos coeficientes de cultura para as diferentes fases de desenvolvimento do melão (*Cucumis melo* L.) na região norte da Bahia. *Revista Rio Verde*, Três Corações, v.5, n.2, p.142-151, 2010.
- PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceeding Royal Society of London*, serie A, v.193, p.120-145, 1948.
- PEREIRA, D. R.; YANAGI, S. N. M.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; SILVA, L. A. Desempenho de modelos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira-MG. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.9, p.2.448-2.493, 2009.
- PEREIRA, F. A. C. *Desempenho do modelo de Penman-Monteith e de dois evaporímetros na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em relação a um lisímetro de pesagem*. 1998. 87 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. *Engenharia Agrícola*, Sorocaba, v.16, n.4, p.118-143, 1997.
- PERES, J. G. *Determinação das necessidades de água dos cultivos protegidos*. Araras: UFSCar, 1999, 80 p. (Relatório FAPESP).
- SILVA, F. C. *Uso de dispositivos lisimétricos para a determinação da evapotranspiração de referência*. 1996. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.
- SILVA, J. A. T.; MACHADO, C. C.; SILVA, E. M. B.; COELHO, R. D. Coeficiente de cultivo (K_c) do meloeiro tipo rendilhado cultivado em ambiente protegido. *Irriga*, Botucatu, v.9, n.1, p.72-81, 2004.
- SMITH, M. (Ed.) *Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for predictions of crop water requirements*. Rome: FAO, 1991. 45 p.
- SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. *Journal of Irrigation Drainage Engineering of ASAE*, New York, v.118, n.6, p.977-980, 1992.
- TRANI, P.E.; PASSOS, F.A.; NAGAI, H.; MELO, A.M.T. Melão e melancia . In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, A.J.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. p.181. (Boletim Técnico, 100).
- WRIGHT, J. L. New evapotranspiration crop coefficients. *Journal Irrigation and Drainage*, New York, v.108, p.57-74, 1982.