



Evapotranspiração da roseira cultivada em ambiente protegido

Eduardo C. Oliveira¹, Jacinto de A. Carvalho², Elka F. A. Almeida³, Fátima C. Rezende⁴,
Bethania G. Dos Santos⁵ & Sônia N. Mimura⁶

¹ UFLA. Lavras, MG. E-mail: eduardoco@ig.com.br (Autor correspondente)

² UFLA. Lavras, MG. E-mail: jacintoc@deg.ufla.com.br

³ EPAMIG. São João Del Rei, MG. E-mail: elka@epamig.br

⁴ UFLA. Lavras, MG. E-mail: frezende@deg.ufla.com.br

⁵ UFSJ. São João Del Rei, MG. E-mail: bethania.biologia@hotmail.com

⁶ UFSJ. São João Del Rei, MG. E-mail: naomimimura_@hotmail.com

Palavras-chave:

floricultura
irrigação
lisímetros
coeficiente de cultura

RESUMO

Neste trabalho objetivou-se determinar a evapotranspiração e o coeficiente de cultura para a roseira de corte (cv. Carola) cultivada em ambiente protegido e o coeficiente do tanque reduzido instalado dentro da casa de vegetação, durante o período de um ano. Foram instaladas cinco linhas de plantas com espaçamento de 1,20 m entre linhas e 0,20 m entre plantas. Cada linha foi composta de cinco parcelas com cinco plantas por parcela. As mudas das segunda e quarta linhas de plantio e das segunda e quarta parcelas, foram transplantadas em quatro lisímetros de drenagem com dimensões de 1,20 x 1,20 x 0,80 m; as demais plantas e parcelas foram consideradas bordadura. Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento. Uma estação meteorológica automática foi instalada na casa de vegetação e os dados foram coletados e armazenados diariamente, com intervalo de uma hora, em um data-logger. O coeficiente de cultura (Kc) apontou valores médios de 0,75 na fase vegetativa e 1,18 durante a fase produtiva. O coeficiente do tanque reduzido (Ktr) foi de 0,72.

Key words:

floriculture
irrigation
lysimeters
crop coefficient

Evapotranspiration of rose cultivated in protected environment

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the evapotranspiration and crop coefficient for the cut rose (cv. Carola) cultivated in protected environment and the coefficient of small tank installed inside the greenhouse during the period of one year. Five rows of plants were planted with spacing of 1.20 m between rows and 0.20 m between plants. Each line consisted of five plots with five plants per plot. Plants of the second and fourth rows and of the second and fourth plots were installed in four drainage lysimeters with dimensions of 1.20 x 1.20 x 0.80 m. The plants of the remaining plots were considered as border plants. A drip irrigation system was used. An automatic weather station was installed in the greenhouse and the data were collected and stored daily at an interval of one hour in a data-logger. The crop coefficient (Kc) showed mean values of 0.75 in the vegetative phase and 1.18 during the productive phase. The small pan (tank) coefficient (Ktr) was 0.72.

INTRODUÇÃO

A floricultura é uma atividade agrícola em expansão, que se destaca como alternativa de emprego e renda no agronegócio gerando um número elevado de empregos diretos e indiretos (Cançado Júnior et al., 2005). A atividade econômica da floricultura de corte tem, nas rosas, sua principal exploração no Brasil e, de acordo com Martins et al. (2009) é uma das floríferas tradicionais mais comercializadas no mundo destacando-se no segmento de flores de corte frescas.

A roseira é uma planta arbustiva, perene, com hábito de crescimento ereto, caule lenhoso e normalmente espinhoso. As folhas são pinadas, caducas e compostas de cinco a sete folíolos ovalados. Emite ramos basais na primavera e em condições de casa de vegetação, épocas nas quais a temperatura é mais alta.

Os ramos basais são mais grossos permitindo a produção de hastes florais para comercialização. As flores se desenvolvem no ápice das hastes contendo, normalmente, cinco sépalas com lóbulos laterais e fruto do tipo carnoso (Bañon Arias et al., 1993).

Barbosa (2003) afirma que, preferencialmente, a temperatura diurna deve ficar entre 23 e 25 °C e a noturna entre 15 e 18 °C, salientando que a transição da temperatura diurna para a noturna ocorra de forma lenta para que não hajam distúrbios fisiológicos nas plantas.

Alguns estudos relacionando temperatura e radiação solar comprovaram que temperaturas abaixo de 15 °C e baixa intensidade de radiação solar promoveram diminuição de assimilados nas plantas acarretando em brotos cegos nas roseiras. Com isto, a planta reduz sua capacidade de fornecer hastes florais de valor comercial devido à diminuição da

produtividade da cultura (Mastalerz, 1987; Moe, 1971). De acordo com Bañon Arias et al. (1993) a umidade relativa do ar ideal para a cultura da roseira está entre 70 e 75% sendo que para o período de brotação das gemas e crescimento dos brotos é aconselhável uma faixa entre 80 e 90%.

A rosa de corte é uma cultura cujos sistemas de produção variam de acordo com a região, o poder aquisitivo do produtor, com a classificação quanto ao grupo a que pertence, com o hábito de crescimento e com a cultivar. A produção de rosas em ambiente protegido é utilizada em maior escala, pois possibilita maiores vantagens aos produtores.

A técnica de cultivo em ambiente protegido auxilia na redução das necessidades hídricas (irrigação) por meio do uso mais eficiente da água pelas plantas e pela redução de fatores inerentes à evapotranspiração.

A evapotranspiração pode ser determinada por inúmeros métodos porém a equação de Penman-Monteith é um modelo matemático recomendado pela FAO como método padrão (Allen et al., 2006) para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), pois ela incorpora os aspectos aerodinâmicos e termodinâmicos, a resistência ao fluxo de calor sensível e vapor d'água e a resistência à transferência de vapor d'água. De acordo com Bonachela et al. (2006) a metodologia proposta pela FAO também pode ser aplicada para determinar a evapotranspiração de culturas cultivadas em ambiente protegido.

Os lisímetros de drenagem ou de pesagem são considerados uma técnica padrão e têm sido muito utilizados para medições diretas da evapotranspiração da cultura variando em forma e escala (Marek et al., 2006).

Entre os vários métodos de estimativa da evapotranspiração de uma cultura está a utilização do coeficiente da cultura (K_c) que se relaciona à evapotranspiração de referência (ET_o) com a evapotranspiração potencial da cultura (ET_p) medida de forma direta sendo ambas mensuradas no mesmo período em que as plantas estão sendo cultivadas. Essas variáveis dependem dos elementos meteorológicos do local, da cultura utilizada e do solo (Cardoso et al., 2005).

O estudo das variáveis meteorológicas em ambientes protegidos é de fundamental importância visto que o cultivo em casas de vegetação com coberturas plásticas proporciona condições diferentes das encontradas a céu aberto (Farias & Saad, 2003). A evapotranspiração em ambiente protegido é menor do que aquela que ocorre no exterior em virtude da difusividade da cobertura plástica e das condições de temperatura, umidade relativa do ar e da redução da ação dos ventos, principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera (Dalmago et al., 2006; Reis et al., 2009; Guiselini et al., 2010; Pivetta et al., 2010; Andrade Júnior et al., 2011). Em geral, a evapotranspiração em ambiente protegido é de 60 a 80% da verificada exteriormente (Viana et al., 2001).

Assim e devido à escassez de pesquisas relacionadas à evapotranspiração de plantas ornamentais e, em especial a rosa de corte, este trabalho teve por objetivo determinar a evapotranspiração, o coeficiente de cultura da roseira e,

adicionalmente, o coeficiente do tanque evaporimétrico reduzido durante o período de 12 meses.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento com a cultura da rosa (cv. Carola) foi conduzido em casa de vegetação localizada na Fazenda Experimental Risoleta Neves (FERN), Unidade Regional Sul de Minas da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em São João Del Rei, MG, a 889 m de altitude e nas coordenadas geográficas 21° 06' S e 44° 15' W.

O clima da região é do grupo Cwa de acordo com a classificação de Köppen, sendo temperado, caracterizado por verão úmido e inverno seco. A temperatura média anual do ar é de 19,2 °C, com média mínima de 13,7 °C e média máxima de 21,6 °C. A precipitação pluviométrica anual é de 1.436,7 mm, com um período de maior ocorrência das chuvas nos meses de novembro a abril (BRASIL, 1969).

O solo da área experimental foi originalmente classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutroférico (EMBRAPA, 2006). Em vários pontos da área experimental foram coletadas, nas profundidades de 0 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m, amostras de solo deformadas e indeformadas para caracterização química e física, respectivamente.

Dois módulos geminados compõem a casa de vegetação utilizada sendo esta do tipo arco, com cobertura superior e lateral de filme de polietileno transparente de baixa densidade, espessura de 100 micras aditivada contra raios ultravioleta e difusor de luz, cujas laterais longitudinais são dotadas de cortina para controle da temperatura e umidade relativa do ar, além de que as laterais são fechadas com tela de 50% de sombreamento e as dimensões de cada módulo da casa de vegetação são de 7,0 m de largura e 21,0 m de comprimento totalizando uma área de 294 m² para os dois módulos geminados, com altura máxima do pé direito de 3,2 m.

Em uma área de um módulo da casa de vegetação foram instaladas cinco linhas de plantio com espaçamento de 1,20 m; cada linha foi composta de cinco parcelas com cinco plantas por parcela e espaçamento entre plantas de 0,20 m. As plantas das segunda e quarta linhas de plantio e das segunda e quarta parcelas foram instaladas em quatro lisímetros de drenagem com dimensões de 1,20 x 1,20 x 0,80 m. Os lisímetros foram construídos de plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV), com paredes de 0,5 cm de espessura e reforços externos em cantoneiras de aço. Para sua instalação o solo foi perfurado nas dimensões dos tanques separando-se camadas de solo de 20 cm, de maneira a não se alterar seu perfil. Uma camada de 3 cm no fundo dos lisímetros foi preenchida com brita número 1; outra camada de 2 cm com cascalho fino e, abaixo delas, forrou-se com manta geotextil. Os dois primeiros foram utilizados como material drenante e a manta para impedir o carreamento de solo para a tubulação de fundo (dreno). O diâmetro do dreno foi de 25 mm conduzindo a água drenada de cada lisímetro até um nível altimétrico inferior onde era coletada em galões. As

plantas das demais parcelas foram consideradas bordadura; as mudas foram obtidas por enxertia e transplantadas no dia 07/08/2011, na área experimental.

Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento com gotejadores autocompensantes do tipo in-line distanciados entre si de 0,20 m, vazão nominal de 1,6 L h⁻¹ e pressão de serviço de 5 a 35 m.c.a. Cada linha de plantas possuía duas linhas laterais de tubo gotejador alocado nas linhas de plantio, próximo às plantas, configurando dois gotejadores por planta. O croqui da área experimental pode ser visualizado na Figura 1.

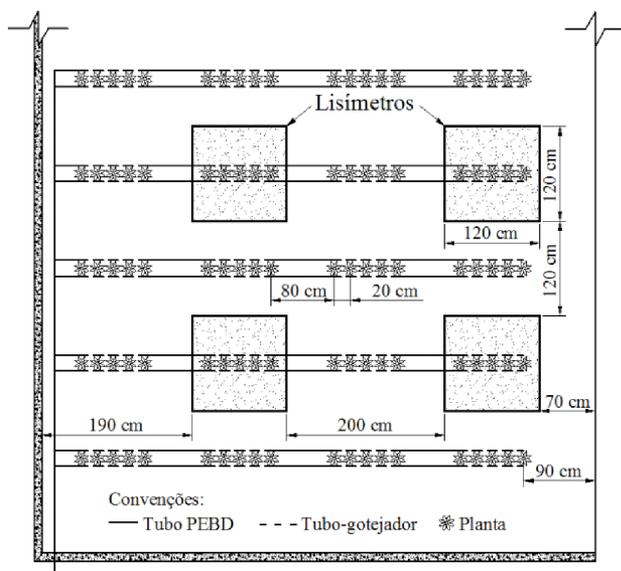


Figura 1. Croqui da área experimental

Uma estação meteorológica automática modelo Wireless Vantage Pro2 Plus da fabricante Davis Instruments foi instalada no interior da casa de vegetação. Os dados foram coletados e transmitidos para um console central via wireless e armazenados em um data-logger anexado ao console, abrigados no laboratório de apoio da área experimental do Núcleo Tecnológico EPAMIG Floricultura (NUTEF), distante 30 m da casa de vegetação. Os dados eram armazenados com intervalo de uma hora, diariamente, durante 12 meses a partir do transplante das mudas.

A evapotranspiração de referência (E_{To}) foi determinada pelo modelo proposto por Penman-Monteith FAO utilizando-se dos dados da estação, conforme Eq. 1.

$$E_{To} = \frac{s}{s + \gamma^*} \cdot (R_n - G) \cdot \frac{1}{\lambda} + \frac{900}{s + \gamma^*} \cdot \frac{U_2}{(T + 273)} \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a) \quad (1)$$

em que:

- E_{To} - evapotranspiração de referência, mm d⁻¹
- s - declividade da curva de saturação de vapor d'água, kPa °C⁻¹
- γ - coeficiente psicrométrico, kPa °C⁻¹
- γ* - coeficiente psicrométrico modificado, kPa °C⁻¹ [γ* = γ · (1 + 0,33 · U₂)]
- R_n - radiação líquida, MJ m⁻² d⁻¹

- G - fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹
- λ - calor latente de evaporação da água, MJ kg⁻¹
- T - temperatura média diária do ar, °C
- U₂ - velocidade média do vento na altura de 2,0 m, m s⁻¹
- e_s - pressão de saturação de vapor d'água, kPa
- e_a - pressão atual de vapor d'água, kPa
- (e_s - e_a) - déficit de pressão do vapor d'água, kPa

Os parâmetros da equação de Penman-Monteith FAO para E_{To} foram medidos por meio de sensores adequadamente instalados à estação meteorológica e também calculados e estimados de forma automática pelo software da estação utilizando-se dos dados armazenados no data-logger.

Os quatro lisímetros eram irrigados diariamente, às 17 h e o volume de água coletada nos galões referentes a cada um deles era mensurado por uma proveta graduada a cada 0,01 L; calculou-se, deste modo, a evapotranspiração potencial da cultura (E_{Tp}) de acordo com a Eq. 2.

$$E_{Tp} = \frac{I - D}{S} \quad (2)$$

em que:

- E_{Tp} - evapotranspiração potencial da cultura, mm d⁻¹
- I - irrigação no tanque, L d⁻¹
- D - água drenada do tanque, L d⁻¹
- S - área do tanque, m²

A lâmina de irrigação era obtida pela E_{Tp} do dia anterior acrescida de 10% para que se promovesse uma pequena percolação.

A partir das lâminas médias obtidas diariamente pelos lisímetros de drenagem para a E_{Tp} e, ainda, com os dados tomados a partir da estação meteorológica para cálculo da E_{To}, foram determinados os coeficientes de cultura (K_c) para o período em estudo, conforme a Eq. 3.

$$K_c = \frac{E_{Tp}}{E_{To}} \quad (3)$$

em que:

- K_c - coeficiente de cultura, adimensional

Um tanque evaporimétrico reduzido, construído em chapa de aço galvanizado com 60,5 cm de diâmetro, 25,4 cm de profundidade e apoiado sobre estrado de madeira com altura de 0,15 m acima do solo, foi instalado na área experimental; as leituras de evaporação eram feitas diariamente, às 17 h; os dados da evaporação do tanque reduzido foram comparados com a E_{To} obtida por meio da Eq. 1; para determinar o coeficiente do tanque (K_{tr}) em casa de vegetação durante o período analisado, utilizou-se a Eq. 4.

$$K_{tr} = \frac{E_{to}}{E_{Vtr}} \quad (4)$$

em que:

K_{tr} - coeficiente do tanque evaporimétrico reduzido, adimensional

ET_0 - evapotranspiração de referência, $mm\ d^{-1}$

EV_{tr} - evaporação do tanque evaporimétrico reduzido, $mm\ d^{-1}$

Durante o experimento a quantidade de nutrientes aplicada foi aquela recomendada pela CFSEMG (1999) para 40.000 plantas ha^{-1} com base nas análises químicas do solo; realizaram-se pulverizações de forma preventiva contra pragas e doenças com produtos registrados para a cultura da roseira; as plantas daninhas eram retiradas por meio de capina manual, quinzenalmente, bem como era realizada a limpeza da cultura (sanitização) através da eliminação contínua de folhas e flores doentes.

Durante o desenvolvimento do cultivo foram realizados, ainda, os seguintes tratamentos culturais: desponta (retirada das primeiras folhas da muda para quebrar a dominância apical); agobio (rebaixamento lateral da planta sem a danificação do caule, visando à formação de uma massa foliar capaz de gerar hastes de qualidade) e desbrotas (retiradas dos brotos secundários evitando a deformação da haste).

As hastes que, visualmente, se apresentavam fora dos padrões de classificação (defeitos de formação ou ataques por pragas e/ou doenças) não eram colhidas utilizando-se, nelas, a técnica do agobio.

As colheitas se iniciaram quando pelo menos 50% das hastes se apresentaram em ponto de corte, aos 122 dias após o transplantio (DAT) compreendendo o período entre 07/12/2011 a 07/08/2012, totalizando oito meses de colheita e 12 meses de avaliação da evapotranspiração e coeficiente de cultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se, na Figura 2, que a evapotranspiração potencial da cultura (ET_p) obteve valor inicial de $0,62\ mm\ d^{-1}$, após o transplantio das mudas, em 07/08/2011; posteriormente, este valor apresentou crescimento gradativo de acordo com o desenvolvimento das roseiras até o dia 05/12/2011 (120 dias após

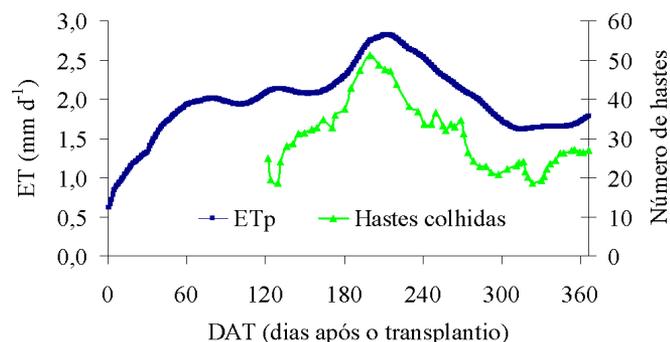


Figura 2. Evapotranspiração potencial da cultura (ET_p) e número de hastes colhidas da roseira em casa de vegetação

o transplantio - DAT), atingindo uma ET_p de $2,08\ mm\ d^{-1}$. Este período pode ser denominado fase inicial da cultura partindo do transplantio até o estágio de estabelecimento vegetativo quando 50% das plantas começaram a produzir hastes comerciais; após esta época constatou-se que as plantas já se encontravam em fase adulta, com bom desenvolvimento e produtividade constante.

No período inicial da cultura houve um aumento da ET_p em função do incremento da área foliar e da atividade fisiológica das plantas, fato também observado em outros cultivos (Boueri et al., 2005; Reis et al., 2009; Lopes et al., 2011). Adicionalmente, nota-se que no início do ciclo a evapotranspiração potencial da cultura ocorreu, sobretudo em função da área foliar reduzida fazendo com que houvesse menor transpiração das plantas e evaporação do solo na condição de ambiente protegido devido à atenuação das condições meteorológicas pela cobertura plástica; a partir dos 120 DAT, a ET_p parece ter ocorrido mais em função da área foliar e do desenvolvimento da cultura em relação à produção de hastes florais.

A produtividade obtida durante a condução do experimento foi de $17,2$ hastes $planta^{-1}\ ano^{-1}$, as quais obtiveram, como principais parâmetros classificatórios, comprimento médio de $98,35\ cm$, diâmetro da haste de $7,49\ mm$, comprimento do botão floral de $56,16\ mm$ e diâmetro do botão floral igual a $38,11\ mm$, obtendo excelente classificação para venda, segundo as normas do IBRAFLO (2000).

A evapotranspiração potencial da cultura foi maior nos períodos mais quentes do ano passível de ser devido à menor percolação para os pontos de coleta da água drenada dos lisímetros, ocasionando maior consumo de água por transpiração e consequente aumento na produção de matéria seca e perda por evaporação em razão do maior teor de água no solo.

Segundo Allen et al. (2006), a ET_p tem relação direta com os fatores ligados à cultura, como a espécie ou a variedade da cultura, a fase de desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, mecanismo de resistência à transpiração, altura e rugosidade do dossel da cultura, cobertura do solo ou índice de área foliar e albedo; já aqueles ligados ao manejo e às condições ambientais, são os relacionados à salinidade, fertilidade e aplicação de fertilizantes do solo, presença de horizontes de solos duros ou impermeáveis, controle de pragas e doenças, densidade de plantas e cobertura do solo, disponibilidade de água no solo e método de irrigação.

Verifica-se ainda, pela Figura 1, que a ET_p variou quando as colheitas se iniciaram a partir de 07/12/2011. Observa-se, então, que quando as plantas estavam produzindo hastes florais seu consumo de água foi maior, até serem colhidas. As plantas com baixo número de hastes em ponto de colheita ou em desenvolvimento consumiam menos água influenciando diretamente na ET_p . Quando se dava início ao processo de crescimento de novos ramos a ET_p começava a aumentar novamente e, assim, sucessivamente.

Cabe ressaltar que a ET_p não depende apenas do estágio fenológico das roseiras mas também das condições meteorológicas às quais estão sujeitas, tais como e,

principalmente, a temperatura, umidade relativa, vento e a radiação solar global no interior da casa de vegetação; mesmo assim, a evapotranspiração de referência (ET_o) teve seus valores influenciados exclusivamente pelas condições meteorológicas na casa de vegetação, caso em que se utilizou uma estação meteorológica automática para efetuar seu cálculo diário.

A Figura 3 demonstra a influência das variáveis meteorológicas principais na ET_o e ET_p, sendo elas as médias da temperatura do ar (A), umidade relativa (B), velocidade do vento (C) e a radiação solar global (D) respectivamente.

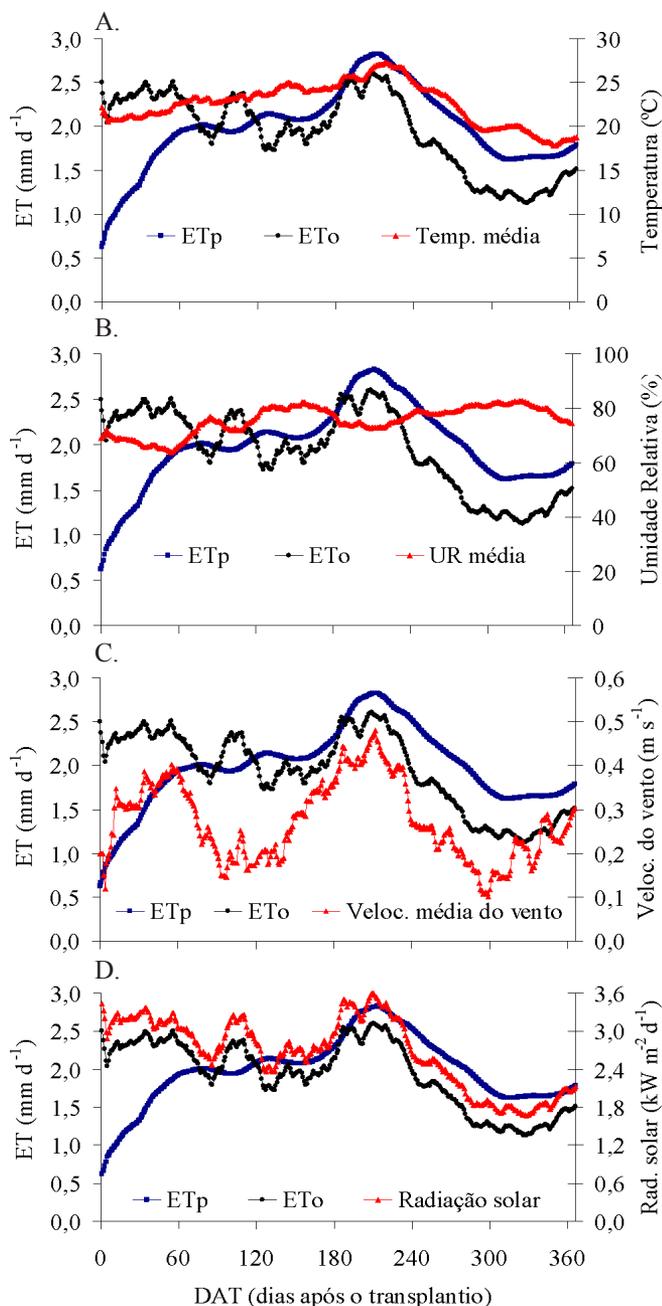


Figura 3. Evapotranspiração potencial da cultura (ET_p), evapotranspiração de referência (ET_o), temperatura média (A), umidade relativa média (B), velocidade média do vento (C) e radiação solar global diária (D) no interior da casa de vegetação durante cultivo da roseira

Aparentemente, a temperatura do ar (Figura 3A) não influenciou, de forma concreta, a ET_p nem a ET_o durante o período do transplante até os 213 DAT (07/03/2012); apenas a partir disto (213 DAT) é que se verificou, de maneira concisa, uma relação de decréscimo da evapotranspiração (ET_p e ET_o) de acordo com a temperatura dentro da casa de vegetação o que, no entanto, pode estar associado ao efeito de outros parâmetros meteorológicos conjuntos. Este fato pode ser um indicio que corrobora com a afirmativa de Allen et al. (2006), que não consideram a temperatura do ar um dos principais fatores que afetam a evapotranspiração mas, sim, a radiação solar, a umidade do ar e a velocidade do vento; entretanto, Cunha & Escobedo (2003) afirmam que quanto maior a energia solar, a temperatura do ar, a velocidade do vento e menor for a umidade relativa, maior também será a taxa de evapotranspiração.

O comportamento da ET_o pode ser observado em função da umidade relativa (Figura 3B), da velocidade do vento (Figura 3C) e da radiação solar global (Figura 3D); na medida em que a umidade relativa decresce a ET_o aumenta e vice-versa; contrariamente, a ET_o acompanha a amplitude da radiação solar; após os 60 DAT verifica-se que a umidade relativa e a radiação solar global foram os parâmetros climatológicos que influenciaram de forma majoritária a ET_p. Reis et al. (2009) afirmam que um dos fatores mais influentes dos elementos que compõem a casa de vegetação é a radiação solar, fonte básica para evaporação de água de superfície.

Em relação ao vento nota-se, neste caso que, em casa de vegetação sem ventilação forçada, tal parâmetro teve pouco índice de expressão uma vez que as barreiras proporcionadas pelas telas laterais de sombreamento constantes e as barreiras esporadicamente geradas pelas cortinas laterais de plástico quando estas eram baixadas, impediam a ação do vento em maior magnitude. Segundo Guiselini et al. (2007), problemas relacionados ao vento no interior de ambientes protegidos são quase sempre associados à baixa velocidade em relação ao ambiente externo, visto que o vento é responsável pela renovação de ar em torno das folhas o que eleva a condutância aerodinâmica e resulta em valores superiores de transpiração. Boueri & Lunardi (2006) observaram que a média diária de velocidade do vento a 2,0 m de altura em ambiente protegido com cravo-de-defunto foi de 0,41 m s⁻¹, e as médias de 1,67 m s⁻¹ foram encontradas no campo, confirmando o efeito protetor.

Observa-se que a ET_p média se manteve menor que a ET_o até os 120 DAT quando, predominantemente, passou a ter valores superiores (Figura 3). Tal fato se deve à pequena área foliar observada na cultura, o que gerava uma pequena cobertura do solo pela folhagem, conjugada com a pequena área molhada pelos gotejadores na superfície do solo. Esta pequena área para evaporação era efetivamente mais reduzida uma vez que parte dessa área molhada pelos gotejadores que estava junto às plantas era coberta pela folhagem e, portanto, não recebia radiação solar diretamente; daí, é provável que tal fato tenha proporcionou taxas de evaporação e de transpiração que, somadas, resultaram em valores de ET_p inferiores aos das taxas de ET_o.

Na Figura 4 está representado o comportamento do coeficiente de cultura (Kc) determinado para a roseira em casa de vegetação. O Kc apresentou um valor médio de 0,75 na fase inicial, do transplântio das mudas até o crescimento vegetativo das plantas, aos 120 DAT. Pode-se observar picos de 1,39 entre os 333 e 337 DAT no valor do Kc durante o período de formação das inflorescências na fase adulta das plantas, próximos ao final do período de análise.

De forma geral, o valor do Kc variou em decorrência das fases fenológicas da cultura e do período do ano, dadas as condições meteorológicas dentro da casa de vegetação. Em conformidade com essas notações, Allen et al. (2006) e Medeiros et al. (2004) relatam que o Kc é variável de acordo com o estágio fenológico da cultura podendo atingir, por exemplo, valor superior à unidade na fase reprodutiva de muitas culturas.

Para efeito do cálculo dos coeficientes de cultura (Kc) médios, o ciclo da roseira foi dividido em duas fases fenológicas, sendo: I) fase vegetativa – do transplântio das mudas até o crescimento vegetativo com o surgimento de hastes comerciais em 50% das plantas; II) fase produtiva – do fim da fase inicial até a duração avaliada na fase de plena produção da cultura.

Devido a cultura não ter atingido seu último estágio de desenvolvimento, o que compreenderia a fase III (fase final – fim do ciclo útil da cultura), foram utilizadas, para efeito do cálculo do coeficiente de cultivo (Kc), apenas as duas primeiras fases pois o período de análise compreendeu 12 meses e o ciclo da cultura da rosa pode perdurar por até sete anos (Nau, 2011); esta mesma observação também foi explicada por Lopes et al. (2011) para a cultura do alecrim-pimenta.

Pela Tabela 1 podem ser observados os valores médios do coeficiente de cultura (Kc) conforme as fases fenológicas identificadas dentro do intervalo após o transplântio das mudas de roseiras. Fazendo-se uma média dos valores de Kc para as diferentes fases fenológicas da cultura, obtém-se um valor médio de 0,75 na fase vegetativa e 1,18 durante a fase produtiva analisada.

São poucas as informações de pesquisas que relatam coeficientes de cultura (Kc) de plantas ornamentais e, além disto, os valores são bastante discrepantes para demonstrar a variabilidade observada entre os valores de Kc para comparação; assim, os valores médios de Kc observados neste estudo durante a fase vegetativa e produtiva se aproximam daqueles

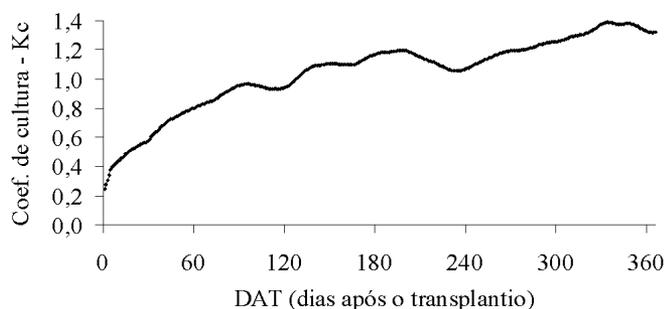


Figura 4. Coeficiente de cultura (Kc) para o cultivo da roseira em casa de vegetação

Tabela 1. Coeficiente de cultura (Kc) e fases fenológicas da roseira em função do tempo (dias após o transplântio - DAT)

DAT (dias)	Fase fenológica	Kc
30	Vegetativa	0,47
60	Vegetativa	0,72
90	Vegetativa	0,88
120	Vegetativa	0,95
150	Produtiva	1,05
180	Produtiva	1,12
210	Produtiva	1,18
240	Produtiva	1,09
270	Produtiva	1,14
300	Produtiva	1,22
330	Produtiva	1,31
366	Produtiva	1,36

reportados por Gomes et al. (2006), em ambiente protegido para a cultura da helicônia, valores médios de 0,88 e 1,23 para as fases vegetativa e floração (produtiva) respectivamente. Do mesmo modo, Gomes et al. (2008) obtiveram valores médios de 0,72 e 1,07 nas referidas fases da cultura da alpinia. Valores de coeficiente de cultura iguais a 0,48; 0,87 e 1,15 para o cravo-de-defunto nas fases inicial, desenvolvimento vegetativo e floração, respectivamente, foram encontrados por Boueri et al. (2005) em condições de ambiente protegido.

Lopes et al. (2011) observaram que o Kc variou ao longo dos estádios de desenvolvimento do alecrim-pimenta e constataram valores médios de 0,98 na fase inicial, 1,20 no desenvolvimento vegetativo e 1,52 no florescimento.

Os valores de coeficiente de cultura obtidos neste estudo podem estar correlacionados com a diferenciação das exigências hídricas durante as fases fenológicas da roseira em casa de vegetação, que ainda não foram determinados por outros estudos. Ressalta-se, deste modo, a necessidade de amplas pesquisas a respeito dos estágios de desenvolvimento da cultura em questão levando-se em consideração as condições climatológicas regionais; desta maneira, ainda se pode salientar que os valores de Kc se alteram também com a cultivar, sistema de irrigação, tipo e cobertura do solo, método de estimativa de ETo adotado e com o manejo da cultura.

Verificam-se, na Tabela 2, os valores médios e os valores totais da evaporação do tanque reduzido (EVtr) e os valores médios do coeficiente do tanque reduzido (Ktr), conforme o intervalo após o transplântio das mudas de roseiras.

A evaporação média do tanque reduzido (EVtr) variou entre 1,60 e 3,63 mm d⁻¹ durante o período de estudo, obtendo média geral igual a 2,72 mm d⁻¹; já a EVtr acumulada durante os 12 meses de avaliação foi igual a 991,67 mm ano⁻¹.

O Ktr variou entre 0,65 e 0,77, apresentando um valor médio durante todo o período igual 0,72. Infere-se, deste modo, que a evapotranspiração de referência (ETo) calculada para as condições em casa de vegetação deve corresponder a 72% da evaporação do tanque reduzido; por sua vez, a evaporação do tanque reduzido superestimou a ETo em 38,9% de acordo com as condições meteorológicas durante o experimento.

Tabela 2. Evaporação média (EVtr média) e total (EVtr total) do tanque reduzido e coeficiente médio do tanque reduzido (Ktr) em função do tempo (dias após o transplântio - DAT)

DAT (dias)	EVtr média (mm d ⁻¹)	EVtr total (mm mês ⁻¹)	Ktr médio
30	3,06	91,67	0,74
60	3,40	101,99	0,74
90	2,79	83,83	0,72
120	3,00	90,10	0,75
150	2,55	76,57	0,73
180	2,62	78,51	0,75
210	3,59	107,84	0,72
240	3,63	108,80	0,66
270	2,68	80,26	0,66
300	1,91	57,31	0,69
330	1,60	47,94	0,75
366	1,86	66,84	0,73

A Figura 5 representa o comportamento do coeficiente do tanque reduzido (Ktr) determinado durante o período analisado em casa de vegetação. Observa-se que o Ktr varia de acordo com a evaporação do tanque reduzido (EVtr) e a evapotranspiração de referência (ETo) calculada pela estação meteorológica automática.

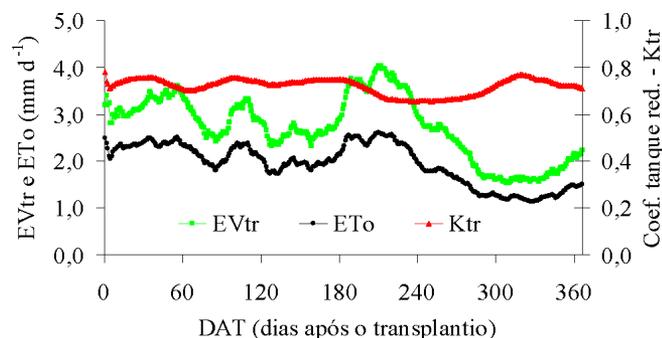


Figura 5. Evaporação do tanque reduzido (EVtr), evapotranspiração de referência (ETo) e coeficiente do tanque reduzido (Ktr) em casa de vegetação durante cultivo da roseira

CONCLUSÕES

1. O coeficiente de cultura (Kc) apontou valores médios de 0,75 na fase vegetativa e 1,18 durante a fase produtiva analisada.
2. O coeficiente do tanque reduzido (Ktr) médio observado durante a condução do experimento foi igual a 0,72.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Apoio e Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo apoio financeiro ao projeto.

LITERATURA CITADA

Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. Roma: FAO, 2006. 298p. Estudio FAO riego y drenaje, 56.

- Andrade Júnior, A. S.; Damasceno, L. M. O.; Dias, N. da S.; Gheyi, H. R.; Guiselini, C. Climate variations in greenhouse cultivated with gerbera and relationship with external conditions. Engenharia Agrícola, v.31, p.857-867, 2011.
- Bañon Arias, S.; Cifuentes Romo, D.; Hernandez, J. A. F.; Benevente-Garcia, A. La Rosa. In: Bañon Arias, S.; Cifuentes Romo, D.; Hernandez, J. A. F.; Benevente-Garcia, A. Gerbera, Lilium, Tulipán y rosa. Madrid: Mundi-Prensa, 1993, cap. 4, p.202-250.
- Barbosa, J. G. Produção comercial de rosas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 200p.
- Bonachela, S.; González, A. M.; Fernández, M. D. Irrigation scheduling of plastic greenhouse vegetable crops based on historical weather data. Irrigation Science, v.25, p.53-62, 2006.
- Boueri, M. A.; Lunardi, D. M. C. Avaliação de elementos agrometeorológicos no cultivo do cravo-de-defunto (*Tagetes* sp.) em ambiente protegido e a campo. Revista Energia na Agricultura, v.21, p.45-54, 2006.
- Boueri, M. A.; Martinez, R. A.; Lunardi, D. M. C. Medidas da evapotranspiração (ETc) e coeficiente de cultura (Kc) do cravo-de-defunto dentro e fora de ambiente protegido. Irriga, v.10, p.155-165, 2005.
- Brasil. Ministério da Agricultura. Normais climatológicas (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Guanabara). Rio de Janeiro: Escritório de Meteorologia, 1969. v.3, 98p.
- Cançado Júnior, F. L.; Paiva, B. M.; Estanislau, M. L. L. Perspectivas para exportação de flores e plantas ornamentais. Informe Agropecuário, v.26, n.227, p.96-102, 2005.
- Cardoso, G. B.; Viana, T. V. A.; Azevedo, B. M.; Sousa, V. F.; Souza, F. Determinação da ET de referência pela razão de Bowen com psicrômetros instalados a diferentes alturas. Revista Ciência Agronômica, v.36, p.16-23, 2005.
- CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa: Imprensa Universitária UFV, 1999. 359p.
- Cunha, A. R.; Escobedo, J. F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.11, p.15-26, 2003.
- 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, v.36, p.785-792, 2006.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- Farias, M. F.; Saad, J. C. C. Qualidade comercial do crisântemo de vaso em ambiente protegido, cultivar puritan, irrigado sob diferentes tensões de água no substrato. Irriga, v.8, p.160-167, 2003.

- Gomes, A. R. M.; D'Ávila, J. N. T.; Gondim, R. S.; Bezerra, F. C.; Bezerra, F. M. L. Estimativa da evapotranspiração e coeficiente de cultivo da *Heliconia psittacorum* L. x *H. spathocircinata* (Arist) cultivada em ambiente protegido. *Revista Ciência Agronômica*, v.37, p.13-18, 2006.
- Gomes, A. R. M.; Gondim, R. S.; Bezerra, F. C.; Costa, C. A. G. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da *Alpinia purpurata*. *Revista Ciência Agronômica*, v.39, p.481-486, 2008.
- Guiselini, C.; Sentelhas, P. C.; Pandorfi, H.; Holcman, E. Temperatura e umidade do ar em ambientes protegidos cobertos com plástico transparente associado à malha termorefletora, instalada externa e internamente. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.15, p.157-162, 2007.
- Guiselini, C.; Sentelhas, P. C.; Pandorfi, H.; Holcman, E. Manejo da cobertura de ambientes protegidos: radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.645-652, 2010.
- IBRAFLOR - Instituto Brasileiro de Floricultura. Padrão Ibraflor de qualidade. São Paulo: IBRAFLOR, 2000. 87p.
- Lopes, O. D.; Kobayashi, M. K.; Oliveira, F. G.; Alvarenga, I. C. A.; Martins, E. R.; Corsato, C. E. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrim-pimenta irrigado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.548-553, 2011.
- Marek, T.; Piccinni, G.; Schneider, A.; Howell, T.; Jett, M.; Dusek, D. Weighing lysimeters for the determination of crop water requirements and crops coefficient. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, v.22, p.851-856, 2006.
- Martins, M. V. M.; Andrigueto, J. R.; Vaz, A. P. A.; Mosca, J. L. Produção integrada de flores no Brasil. In: *Floricultura: Tecnologias, qualidade e diversificação*. Informe Agropecuário, v.30, p.64-66, 2009.
- Mastalerz, J. W. Environmental factors light, temperature, and carbon dioxide. In: *Langhans, R. W. A manual of greenhouse rose production*. Michigan: Roses, 1987. cap.15, p.147-170.
- Medeiros, G. A.; Arruda, F. B.; Sakai, E. Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: Erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo. *Acta Scientiarum*, v.26, p.513-519, 2004.
- Moe, R. Factors affecting flower abortion and malformation in roses. *Physiologia Plantarum*, v.24, p.291-300, 1971.
- Nau, J. Ball redbook. 18th ed. Crop production. Illinois: Ball, 2011. v.2, 832p.
- Pivetta, C. R.; Heldwein, A. B.; Maldaner, I. C.; Radons, S. Z.; Tazzo, I. F.; Lucas, D. D. Evapotranspiração máxima do pimentão cultivado em estufa plástica em função de variáveis fenométricas e meteorológicas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.768-775, 2010.
- Reis, L. S.; Souza, J. L.; Azevedo, C. A. V. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.289-296, 2009.
- Viana, T. V. A.; Folegatti, M. V.; Azevedo, B. M.; Sentelhas, P. C.; Silva, F. C. Avaliação da influência de elementos meteorológicos sobre a cultura da alface, em ambiente protegido versus condição externa sobre gramado, obtidos com sistemas automáticos. *Engenharia Rural*, v.12, p.41-51, 2001.