

CONSUMO HÍDRICO DO MANJERICÃO POR MEIO DE LISÍMETRO DE DRENAGEM

PATRICIA ANGÉLICA ALVES MARQUES¹; JEFFERSON VIEIRA JOSÉ²; HERMES SOARES DA ROCHA³; EUSÍMIO FELISBINO FRAGA JÚNIOR⁴; DANIEL ALVES SOARES⁵ E SERGIO NASCIMENTO DUARTE¹

¹ Professor(a), Departamento de Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, pamarques@usp.br, snduarte@usp.br

² Pós-doutorando, Departamento de Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, jfvieira@usp.br

³ Doutorando, Departamento de Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, hermessrocha@usp.br

⁴ Professor Adjunto, Instituto de Ciências Agrárias - ICIAG, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Campus Monte Carmelo, Avenida Goiás, 2000, 38500-000 – Monte Carmelo, MG, eusimiofraga@ufu.br

⁵ Professor, Universidade Estadual do Mato Grosso, Av. dos Ingás, 3001, 78555-000, Jardim Imperial, Sinop, MT, danielsoares@usp.br

1 RESUMO

A avaliação da necessidade hídrica e do coeficiente de cultura é de grande relevância para um adequado manejo da irrigação. No entanto, há carência de informações sobre a cultura do manjericão. Objetivou-se neste trabalho avaliar o consumo hídrico do manjericão e estimar o seu coeficiente de cultura (K_c), relacionando-o à soma de graus dia (GD) e ao índice de cobertura vegetal (IC). Foram utilizados três lisímetros de drenagem, sendo a contabilização da evapotranspiração da cultura (ET_c), em mm d^{-1} , realizada pelas entradas e saídas de água, e a evapotranspiração de referência (ET_o), em mm d^{-1} , estimada pelo método de Penman-Monteith, preconizado pelo manual FAO-56. O consumo hídrico da cultura foi de 70,91 mm, 103 mm e 187 mm, correspondendo a um valor médio 1,03; 1,84 e 3,07 mm d^{-1} nos períodos de cultivos I, II e III, respectivamente. Observaram-se variações nos valores de K_c decorrentes das condições climáticas e das fases fenológicas da cultura. Os valores máximos e mínimos dos K_c foram 0,37-0,23; 0,60-0,27; 1,00-0,38 e 1,15-0,82 para as fases fenológicas I, II, III e IV, respectivamente. A estimativa do K_c em função do GD e do IC foram altamente significativas para a cultura nos três períodos de cultivos.

Palavras-chave: coeficiente da cultura, *Ocimum basilicum*, evapotranspiração da cultura

**MARQUES, P.A.A.; JOSÉ, J.V.; ROCHA, H.S.; FRAGA JR, E.F.;
SOARES, D.A.; DUARTE, S.N.**

WATER CONSUMPTION OF BASIL USING DRAINAGE LYSIMETER

2 ABSTRACT

Evaluation of water requirement and crop coefficient is of great importance for an appropriate irrigation management. However, there has been lack of information on Basil crop. The

aim of this study was to evaluate water consumption of the basil crop and estimate its crop coefficient (K_c), relating it to the sum of degree days (DD) and the vegetation index (VI). A total of three drainage lysimeters were used, crop evapotranspiration (Etc) in mm d⁻¹ was determined by inputs and outputs of water; reference evapotranspiration (ET_o) in mm d⁻¹ was estimated by the Penman-Monteith method, recommended by FAO-56. Water consumption of the crop was 70.91 mm, 103 mm and 187 mm, which corresponds to mean values of 1.03; 1.84 and 3.07 mm d⁻¹ in the cultivation periods I, II and III, respectively. Variations in K_c values were observed as a result of the climate conditions and phonological stages of the crop. Maximum and minimum K_c values were 0.37-0.23; 0.60-0.27; 1.00-0.38 and 1.15-0.82 for the I, II, III and IV phonological stages, respectively. The estimate of K_c as a function of DD and VI was highly significant for the crop in the three cultivation periods.

Keywords: crop coefficient. *Ocimum basilicum*, crop evapotranspiration.

3 INTRODUÇÃO

O manjeriço é um subarbusto nativo da Ásia tropical e introduzido no Brasil pela colônia italiana. É muito cultivado, principalmente por pequenos produtores rurais, para a comercialização da planta como condimentar e medicinal, em quase todo o território brasileiro. Além de seu uso condimentar, é utilizado também para obtenção de óleo essencial, que tem como seu principal componente o linalol, importante para a indústria de aromatização de alimentos e bebidas (MAY et al., 2008) e utilizado pela indústria de perfumes na fixação de fragrâncias como a do perfume Chanel nº 5 (ERENO, 2006).

A formação de mudas de manjeriço segue a mesma metodologia das hortaliças, usando substratos comerciais, bandejas de plástico ou isopor, irrigação por microaspersão e/ou capilaridade e casa de vegetação protegidas nas laterais contra ventos e insetos, com cobertura com plástico agrícola. É cultivado em canteiros, vasos, hidroponia ou consorciado com outras culturas, conforme o objetivo da comercialização. O plantio mais frequente é realizado em canteiros de 2 a 5 fileiras de plantas, com espaçamentos em função do tipo de copa; mas, não existe uma regra estabelecida quanto a este aspecto. Na literatura encontra-se desde 0,30 x 0,30 m até 0,50 x 0,50 m. O plantio pode ser realizado sob cobertura ou sob o sol pleno (JANNUZZI, 2013; PUTIEVSKY; GALAMBOSI, 1999).

May et al. (2008) estudaram o crescimento do manjeriço, analisando seu desenvolvimento e produção, sem identificar a variedade, a característica morfológica ou bioquímica da planta, durante um período de 336 dias de plantio, com 12 colheitas em cortes mensais de parcelas não acumulativas. Os resultados determinaram os valores máximos das variáveis da cultura e a respectiva data de mensuração após o plantio (DAP), como a seguir: altura da planta de 93,40 cm aos 213 DAP; massa de folhas frescas 54,6 g planta⁻¹ aos 195 DAP; massa fresca de ramos 64,4 g planta⁻¹ aos 272 DAP; rendimento de óleo essencial 167,9 kg ha⁻¹ aos 198 DAP.

No manjeriço, o ponto de colheita em função do cultivar, antes da floração, é de 45 a 90 dias após o plantio no campo, sendo que a colheita da planta pode ser total (RIBEIRO; DINIZ, 2008), ou em cortes parciais realizados a uma altura de 10 a 40 cm do solo. Expostos os ramos inferiores à insolação, ocorre nova brotação e novos cortes podem ser realizados a partir de 50 a 60 dias, mesmo em floração (MAY et al., 2013). Quando a destinação da planta é extração de óleo essencial, o ponto de colheita é o início da floração (PEREIRA; MOREIRA, 2011).

A produção total da planta, incluindo folhas verdes e galhos, pode ser de 1,5 kg planta⁻¹ (Von HERTWING, 1991), variando em função da cultivar. Em experimentos no Distrito Federal com manjerição de folha fina, os valores máximos obtidos foram de 1,2 kg planta⁻¹ (JANNUZZI, 2013).

A reposição da necessidade hídrica de uma cultura é de fundamental importância para o sucesso da agricultura irrigada e depende de inúmeras variáveis, devendo ser analisadas antes da implantação de um projeto de irrigação. Deste modo, torna-se necessário o uso de coeficientes adequados, especificamente os coeficientes de cultura (Kc), determinados em função da evapotranspiração da cultura (ETc) e da evapotranspiração de referência (ETo), cujas estimativas permitem avaliar as quantidades de água a serem dotadas aos cultivos.

Como a ETo teoricamente só varia com as condições atmosféricas, pois as características físicas da superfície de referência devem permanecer constantes, são os valores de Kc que variam com as características da cultura (efeitos morfológicos, fisiológicos e fenológicos), particularizando seu consumo de água (PEREIRA; VILLA NOVA, SEDIYAMA, 2013).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), em seu boletim 56 (ALLEN et al., 1998), sugere valores médios de Kc para diversas culturas ao longo do ano. Tal informação é o primeiro passo para o manejo racional da irrigação; entretanto, é notória a escassez de dados de pesquisa referentes a esses coeficientes, sobretudo para as plantas medicinais, e principalmente na cultura do manjerição (*Ocimum basilicum* L.).

Há uma grande variedade de métodos que determinam a ETc, incluindo a razão de Bowen, o balanço hídrico (utilizando o medidor de neutrons, o método gravimétrico ou outros sensores de água no solo), o fluxo de seiva, o sensoriamento remoto (baseado em satélite e/ou modelagem direta) e os lisímetros. Segundo Medeiros, Arruda e Sakai (2004), o Kc é um parâmetro relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas e para sua obtenção o mais comum é utilizar lisímetros. O lisímetro é um dos métodos mais antigos, e pode potencialmente fornecer estimativas confiáveis, permitindo a contabilização dos termos do balanço hídrico de forma precisa. Os lisímetros podem ser divididos por duas categorias: de pesagem e de não pesagem.

Pereira; Villa Nova e Sediyaama (2013) descrevem o lisímetro como constituído de uma caixa impermeável, contendo um volume de solo que possibilita conhecer, com detalhe, alguns termos do balanço hídrico do volume amostrado, sendo que os tipos mais empregados são os de drenagem, os de lençol freático constante e os de pesagem.

A prerrogativa do uso de lisímetros de drenagem em confronto ao uso balanço hídrico no campo está relacionada a uma avaliação mais precisa do termo de fluxo de drenagem vertical, que pode ser medido diretamente ao se isolar os fluxos subterrâneos laterais interferentes, dada a presença das paredes, e ao baixo custo de implantação do equipamento (SANTOS et al., 2009). Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi determinar o consumo hídrico e os coeficientes de cultura do manjerição durante três períodos, e nas condições edafoclimáticas da região de Piracicaba – SP, utilizando-se lisímetros de drenagem.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ-USP, situada no município de Piracicaba – SP, no período de abril de 2012 a outubro de 2013.

O material de solo utilizado para preencher os lisímetros e os canteiros foi classificado como Nitossolo vermelho Eutrófico (série “Luiz de Queiroz”), de textura argilosa franco, conforme os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). A análise granulométrica mostrou os valores de $49,77 \pm 0,94$; $14,28 \pm 1,64$ e $35,95 \pm 0,74$ para porcentagens de argila, silte e areia, respectivamente; a caracterização físico-hídrica do solo para as profundidades de 0,0 – 0,15 e 0,15 – 0,30 m é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização físico-hídrica: umidade na capacidade de campo (cc), umidade no ponto de murcha permanente (pmp), capacidade total de água disponível (CAD), densidade do solo (Ds), densidade das partículas do solo (Dp) e porosidade total do solo (Ptotal).

Profundidades m	cc cm ³	pmp cm ⁻³	CAD mm	Ds g cm ⁻³	Dp	Ptotal %
0,0 – 0,15	0,47	0,37	29,00	1,45	2,45	40,80
0,15 – 0,30	0,46	0,35	36,30	1,65	2,45	32,65

cc – correspondente ao potencial matricial de -6 kPa;

pmp – correspondente ao potencial matricial de -1500 kPa.

A adubação foi realizada seguindo a recomendação do Boletim Técnico 100 (RAIJ et al., 1997) para a cultura da *Mentha piperita*, baseada na análise do solo. Vale ressaltar que não há recomendação específica para a cultura do manjeriço, e por este motivo a adubação foi orientada pelo que se recomenda em relação à cultura da Hortelã, cuja demanda e marcha de absorção de nutrientes é semelhante (PRAVUSCHI et al., 2010). A adubação de fundação foi executada aos 10 dias antes do transplântio e dois dias após as colheitas. Na adubação de fundação foram aplicados 20 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O. Para a adubação de cobertura foram utilizados 30 kg ha⁻¹ de N, aplicados 20 dias após o transplântio e aos 20 dias após os 1º e 2º cortes.

A planta foi obtida a partir de estacas herbáceas fornecidas por uma empresa particular, situada no município de Votuporanga – SP. Os constituintes químicos majoritários do óleo essencial das plantas matrizes fornecidas por esta empresa são: linalol (40%), canfor (13%) e 1-8 Cineol (26%). A variedade utilizada é originária da coleção do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e denominada de “Lampião”. As estacas foram enterradas verticalmente em bandejas de polipropileno de 162 células com substrato comercial Plantmax®-HT e irrigadas por um sistema via capilaridade. Estas foram mantidas em viveiro até as plantas apresentarem um tamanho médio de 0,15 m, o que ocorreu a aproximadamente 15 dias do plantio. O transplântio para o canteiro foi realizado em quatro fileiras espaçadas de 0,5 m entre plantas e 0,5 m entre linhas, perfazendo um total de 40.000 plantas por hectare. Foi utilizada uma cobertura vegetal na dosagem de 2,5 kg m⁻² de matéria seca da bainha e folhas de cana-de-açúcar, distribuídas sobre os canteiros, equivalendo à disposição de uma camada com espessura de 0,05 m. As três colheitas foram realizadas quando as plantas estavam em pleno florescimento, sendo cortadas a 0,25 m de altura em relação à superfície do solo, entre 8 e 10 horas da manhã.

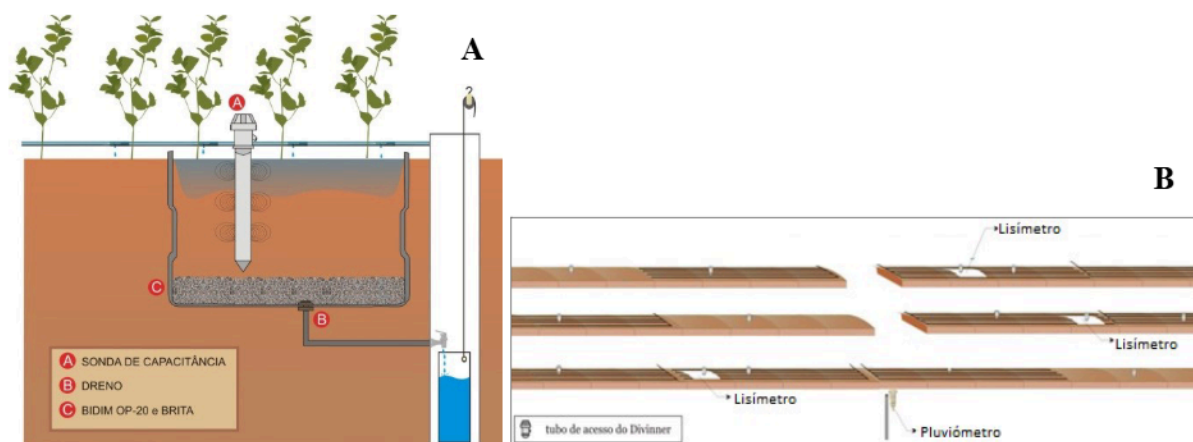
Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, com emissor integrado tipo pastilha e autocompensante, com vazão de 2 L h⁻¹, instalados em linhas laterais de polietileno flexível de 16 mm, com uma pressão de serviço de 100 kPa e espaçamento de 0,3 m. A uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação (UD), determinada aos 15 dias e aos 100 dias após transplântio foi de 94 e 96 %, respectivamente.

O manejo de irrigação foi realizado pela estimativa da umidade do solo por meio de dados sonda de capacitância, tipo Diviner, na profundidade de 0,1 m a 0,4 m (Figura 1), previamente calibrada para o solo da área (FRANCISCO et al., 2014). As medições da umidade do solo foram realizadas a cada 1-3 dias. Quando a umidade era igualada à umidade volumétrica crítica de $0,4628 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (8,329 kPa), calculava-se a lâmina de irrigação para reposição do conteúdo de água no solo até a capacidade de campo (cc), para cada lisímetro e sua bordadura (Tabela 1). A reposição da água era realizada de modo a proporcionar uma lâmina de drenagem correspondente a cerca de 10-15% da lâmina d'água aplicada, conforme Pereira et al. (2013).

Para a determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c), foram utilizados três lisímetros de drenagem (Figura 1A), localizados no centro de cada canteiro da área experimental (Figura 1B). Cada lisímetro continha seis plantas com características semelhantes e sob o mesmo sistema de manejo das plantas externas.

Os lisímetros foram construídos com caixas de cimento amianto de $0,65 \text{ m}^3$ de volume, tendo dimensões de 0,92 m de largura, 1,08 m de comprimento, área efetiva de evaporação de $1,0 \text{ m}^2$, com profundidade de 0,65 m. Em um das aresta inferiores do lisímetro, foi inserido um dreno de PVC, com diâmetro de 20 mm, conectado a um poço de observação e coleta do volume drenado (PVC de 100 mm), com 1,5 m de profundidade. Por meio deste poço, diariamente era captado e medido o volume de água percolado após a irrigação anterior, realizada para elevar o solo à capacidade de campo com um excedente de 10 à 15%.

Figura 1. Esquema do lisímetro de drenagem (A) e croqui da área experimental (B).



As escavações para instalação dos três lisímetros foram realizadas manualmente, sendo o solo separado em camadas de 0,15 m até a profundidade das caixas. Cada camada de solo foi acondicionada em lona plástica e identificada para posterior reposicionamento no interior das caixas, visando atingir uma aproximação da condição do solo externo às mesmas. Os lisímetros foram nivelados com um suave declive no sentido do dreno. Previamente ao enchimento, foi colocada uma camada de 0,05 m de pedra brita nº 2 no fundo da caixa, a qual foi revestida com uma manta geotêxtil ("Bidim OP-20"). Em seguida, preencheu-se o volume do lisímetro com as camadas de solo até a altura de 0,60 m, respeitando-se a ordem de retirada das mesmas na ocasião da escavação, conforme pode ser visualizado na Figura 1A.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi determinada pela contabilidade das entradas e saídas de água nos lisímetros de drenagem, de acordo com a Equação 1.

$$ETc = P + I - D \quad (1)$$

Em que:

ETc – evapotranspiração da cultura no período, L lisímetro⁻¹;

I – volume total de irrigação no período, L;

P – precipitação total no período, dentro do lisímetro, L; e

D – volume de drenagem no período, L.

Para cálculo da ETc, dividiram-se os três períodos da cultura em quatro subperíodos, com número de dias em torno de 15, baseado em um ciclo de aproximadamente 60 dias em cada período. De acordo com Pereira, Villa Nova e Sediya (2013), os lisímetros de drenagem apresentam limitação na obtenção de dados diários de ETc, sendo recomendados para períodos superiores a 10 dias.

A água precipitada foi medida por um pluviômetro instalado ao lado da área experimental, sendo o volume precipitado dentro dos lisímetros determinado a partir da lâmina de chuva medida e área de interceptação do mesmo. A água drenada foi coletada no poço de observação do lisímetro de drenagem (Figura 1), sendo o volume drenado quantificado com provetas graduadas em mL.

Os dados diários meteorológicos (precipitação, radiação global, umidade relativa, temperatura do ar e velocidade do vento) foram obtidos no posto meteorológico da ESALQ - USP, em Piracicaba-SP, localizado na latitude 22° 42' 30" S e longitude 47° 38' 00" W, altitude de 546 metros e a uma distância de 500 metros do local do experimento. Esses dados foram utilizados para a estimativa de ETo (mm dia⁻¹) pelo método de Penman-Monteith (Equação 2), preconizado pela FAO-56. Os valores diários de ETo foram calculados no software REF-ET (ALLEN, 2000).

$$ETo = \frac{0,408 \cdot s \cdot (Rn - G) + \frac{\gamma \cdot 900 \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{Td + 273}}{s + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (2)$$

Em que: ETo – evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Rn – radiação líquida total diária (MJ m⁻² dia⁻¹); G – fluxo total diário de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); γ – constante psicrométrica = 0,063 kPa °C⁻¹; Td – temperatura média diária (°C); Tmáx – temperatura máxima diária (°C); Tmín – temperatura mínima diária (°C); U₂ – velocidade do vento (m s⁻¹) a 2 m de altura da superfície do solo; e_s – pressão de saturação de vapor (kPa); e_a – pressão parcial de vapor (kPa); s – declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹).

As estimativas dos valores dos coeficientes da cultura (Kc) para o *Ocimum basilicum* L. foram realizadas por meio da relação entre os valores da evapotranspiração da cultura (ETc) medida no lisímetro e a evapotranspiração de referência (ETo) estimada por Penman-Monteith FAO (Equação 3), de modo a obter valores de Kc's para os diferentes estágios de desenvolvimento da cultura.

$$kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (3)$$

Em que: Kc – coeficiente da cultura, adimensional; ETc – evapotranspiração da cultura, em mm dia⁻¹ e ETo – evapotranspiração de referência, em mm dia⁻¹.

Foi utilizado o somatório de graus dias (GD) para caracterização das exigências térmicas do manjeriço, conforme as Equações 4, 5 e 6 propostas por Villa Nova et al. (1972), para os três períodos e quatro subperíodos (fases fenológicas da cultura), que são: fase I – dividida em duas, sendo I_{inicial} – fase inicial ou de estabelecimento da cultura e $I_{\text{pós-colheita}}$ – fase estabelecimento da cultura após a colheita (poda aérea); fase II – fase de crescimento vegetativo acelerado; fase III – intermediária de crescimento e fase IV – do início do florescimento até a colheita. A fase I_{colheita} foi obtida no 2º e 3º períodos em virtude das colheitas.

$$GD = (T_m - T_b) + \frac{(T_M - T_m)}{2}, \text{ para } T_m > T_b ; \quad (4)$$

$$GD = (T_M - T_b)^2 + 2(T_M - T_m), \text{ para } T_m < T_b \text{ e} \quad (5)$$

$$GD = 0, \text{ para } T_b < T_M \quad (6)$$

Em que: GD – graus-dia; T_M – temperatura máxima diária (°C); T_m – temperatura mínima diária (°C) e T_b – temperatura basal de 10,9°C proposto por Chang, Alderson e Wright (2005).

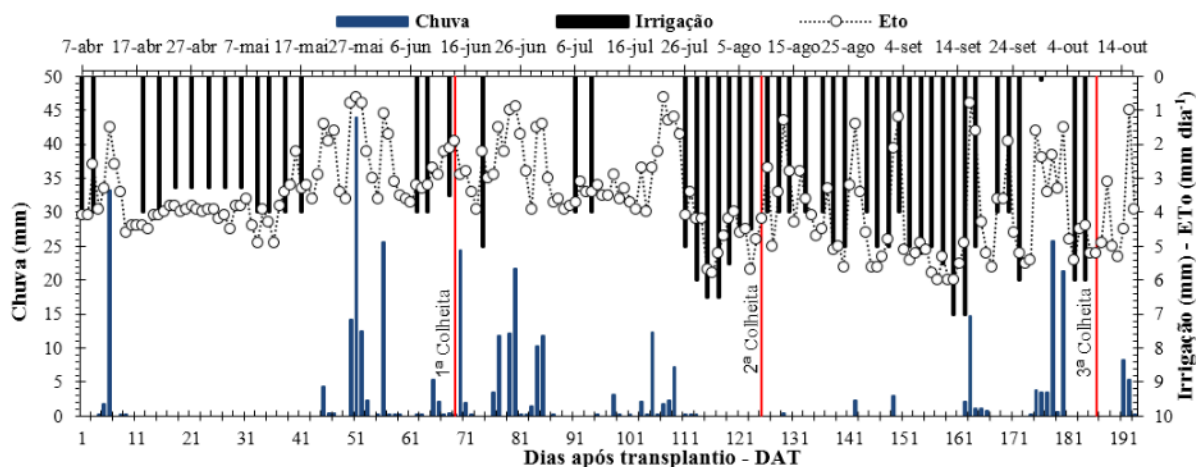
O índice de cobertura do solo pelas plantas (IC) foi calculado pela relação percentual entre a área coberta pela planta e a área superficial dos lisímetros ou das parcelas nas bordaduras. O IC foi obtido por meio do software ImageJ (ImageJ 1.47 v – Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA), que utiliza fotografias digitais do dossel.

Os dados experimentais foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk ($P > 0,01$) e de Levene ($P > 0,01$), para verificação da normalidade e homocedasticidade residuais, respectivamente. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância, com os efeitos quantitativos em polinômios ortogonais, segundo sua significância pelo Teste F. Para tal, foi utilizado o programa estatístico SAS.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se a ocorrência de 374,6 mm de precipitação, distribuídos irregularmente durante o ciclo de cultivo do manjeriço, concentrados dos 43 aos 113 DAT. Isto implicou na necessidade de irrigação suplementar, a qual foi aplicada 50 vezes, conforme ilustrado na Figura 2, totalizando uma lâmina de 222,7 mm por dia. Os maiores eventos de precipitação pluviométrica registrados foram de 43, 24,3 e 25,7 mm por dia, ocorridos nos períodos I (aos 51 DAT), II (aos 70 DAT) e III (aos 179 DAT), respectivamente. Percebe-se, ainda, maior frequência de irrigação nas fases I e III, tendo em vista os menores índices pluviométricos ocorridos nestas fases.

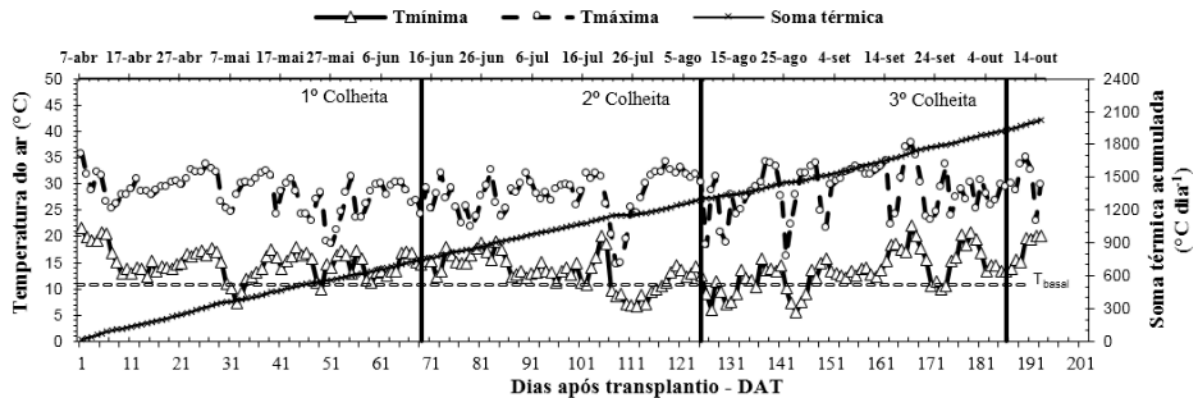
Figura 2. Chuva, irrigação e evapotranspiração de referência (ET_o) nos 1º, 2º e 3º períodos experimentais, com intervalos de 69, 56 e 61 dias respectivamente, no ano de 2013.



No que diz respeito à evapotranspiração de referência acumulada, obteve-se valor médio de $3,6 \text{ mm dia}^{-1}$ e máximo de $6,0 \text{ mm dia}^{-1}$. O tempo total do experimento foi dividido em três períodos experimentais, cuja duração respectiva foi de 69, 56 e 61 dias. Visualmente, notam-se maiores valores de ETo no terceiro período, o que provavelmente está relacionado à maior demanda atmosférica para tal época do ano. A ETo acumulada foi de 228,1; 182,9 e 251,9 mm para o primeiro, segundo e terceiro período, respectivamente. A velocidade do vento permaneceu em torno de $0,94 \text{ m s}^{-1}$ ao longo do período de cultivo.

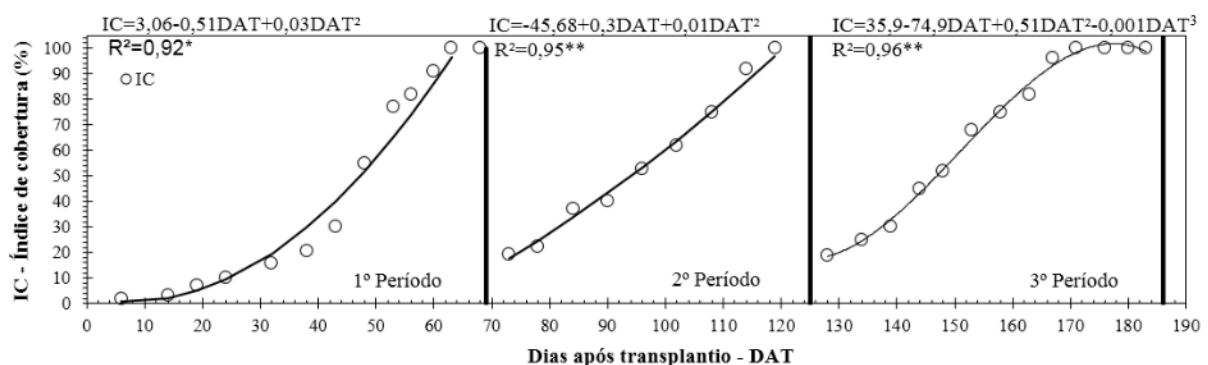
As máximas temperaturas observadas em cada período foram de $35,7$; $34,2$ e $37,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$; e as temperaturas mínimas de $7,3$; $6,6$ e $5,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ para o 1º, 2º e 3º períodos, respectivamente. Segundo o Almeida (2006), as temperaturas ótimas de crescimento situam-se entre 15 e $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$. May et al. (2008) observaram maiores valores de temperatura média do ar durante o cultivo de manjerição, porém, não a atribuíram à redução na produção da parte aérea, e sim à diminuição de crescimento vegetativo e aceleração da senescência das plantas, devidas aos cortes sucessivos e intensos. Tais autores relatam, ainda, que quando o objetivo é atingir a máxima produtividade de óleo essencial por unidade de área, a renovação da cultura pode ser necessária, passando a se caracterizar como cultivo anual, e deixando de ser perene, conforme considerado por Corrêa Junior, Ming e Scheffer, (1994). Observa-se que em alguns períodos a temperatura mínima do ar esteve abaixo da temperatura basal, necessitando utilizar o fator de correção (Equação 5) proposto por Villa Nova et al. (1972), pois nestas condições a planta se desenvolve em taxas reduzidas. As somas térmicas nos períodos I, II e III foram de 744,34, 553,46 e 634,78 $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, respectivamente, totalizando 1932,58 $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$.

Figura 3. Temperaturas máximas (T_{máxima}) e mínimas (T_{mínima}) do ar registradas, temperatura basal (T_{basal}) e a soma térmica acumulada nos 1º, 2º e 3º períodos experimentais, com intervalos de 69, 56 e 61 dias respectivamente, no ano de 2013.



Verificou elevados graus de significância no ajuste a equações polinomiais dos índices de cobertura (IC) para cada período do experimento (Figura 4). Entretanto, evidenciaram-se tendências diferentes em cada período, sobremaneira do 1º período em relação aos demais. Tal fato se associa à realização da colheita nos términos dos períodos, aos 69 e 125 DAT, de modo que os períodos subsequentes se iniciam com IC superior a 20%. Na fase I_{inicial}, (1-23 DAT) observou-se IC de 10,23 %, concordando com as informações sugeridas por Allen et al. (1998), que adotaram IC de 10% como indicativo do final da fase I. Considerando-se o IC em relação à idade da cultura no campo, Souza et al. (2010) observaram comportamento semelhante com diferentes híbridos de milho, cultivados em estação chuvosa no sul de Minas Gerais; tais autores objetivaram avaliar a eficiência da cobertura vegetal proporcionada pela cultura na proteção do solo, haja visto o efeito da doses na interceptação da energia cinética das chuvas.

Figura 4. Índice de cobertura do solo do *Ocimum basilicum* L. nos 1º, 2º e 3º períodos experimentais, com intervalos de 69, 56 e 61 dias, respectivamente.



De acordo com o método da soma térmica, utilizada para representar o tempo do ciclo fenológico e prever a data de ocorrência dos estágios de desenvolvimento das plantas, cada um dos três períodos do experimento e os subperíodos (ou fases fenológicas) da cultura são apresentados na Tabela 2, com as suas respectivas durações antes de cada colheita (poda drástica na área).

Tabela 2. Características fenológicas nos períodos de desenvolvimento do *Ocimum basilicum* L.

Período	Subperíodos	DAT	GD	UR _{mínimo}	U ₂	IC	ET _o	ET _c	K _c
			°C dia ⁻¹	(%)	m s ⁻¹	%	mm dia ⁻¹		
				Média					
1º	I _{inicial}	1-23	272,45	60,13	0,89	10,23	3,79	0,87	0,23
	II	24-39	178,18	48,74	0,83	20,50	4,04	1,09	0,27
	III	40-55	152,41	76,26	0,76	82,00	2,38	0,90	0,38
	IV	56-69	141,30	69,96	0,48	100,00	2,73	2,78	1,02
2º	I _{pós-colheita}	70-81	122,45	76,96	0,64	36,66	2,37	0,88	0,37
	II	82-96	156,45	66,09	0,69	52,60	3,19	1,66	0,52
	III	97-113	145,88	65,94	0,89	92,00	2,88	2,25	0,78
	IV	114-125	128,68	38,48	0,87	100,00	4,80	3,94	0,82
3º	I _{pós-colheita}	126-137	96,46	52,54	1,37	25,00	3,54	1,27	0,36
	II	138-150	127,87	44,92	1,10	52,00	4,07	2,44	0,60
	III	151-166	191,00	45,64	1,06	96,00	4,82	4,82	1,00
	IV	167-186	224,45	59,29	1,75	100,00	3,97	4,56	1,15

I_{inicial} – fase inicial; I_{pós-colheita} – fase estabelecimento da cultura após a colheita (poda aérea); II – fase de crescimento vegetativo acelerado; III – fase intermediária de crescimento e IV – fase de início do florescimento até a colheita; GD – graus dias acumulado; DAT – dias após transplantio; UR_{mínimo} – Umidade relativa mínima; U₂ – velocidade do vento a 2 m de altura; ET_o – evapotranspiração de referência; ET_c – evapotranspiração da cultura; IC – Índice de cobertura

A característica área foliar elevada no momento da colheita é inerente à cultura do manjeriço, o que pode ser comprovado pelos índices de cobertura do solo iguais a 100% no final de cada período, quando as colheitas foram realizadas. Para culturas perenes, em que há necessidade de podas ou colheitas, há redução da superfície foliar transpirante, o que implica também na redução da evapotranspiração da cultura (ET_c). Este efeito é bem evidente nas medidas lisimétricas do consumo de água do manjeriço, na transição de dois períodos subsequentes, conforme apresentado na Tabela 2. Há drástica redução do consumo de água imediatamente após a colheita (poda das plantas). Com a recuperação do crescimento das plantas, a ET_c retorna aos níveis anteriores.

As demandas evapotranspirométricas de referência e da cultura foram menores no cultivo realizado no 1º período devido à época do ano. Observaram-se o consumo hídrico da cultura de 70,91 mm, 103 mm e 187 mm para os intervalos de 69, 56 e 61 dias, correspondentes ao primeiro, segundo e terceiro períodos de cultivo, respectivamente. Isto equivale à ET_c média de 1,03; 1,84 e 3,07 mm d⁻¹, referentes aos três períodos (Tabela 2).

Pravuschi et al. (2010) aplicaram 390; 334 e 462 mm de água de irrigação no manjeriço na primeira, segunda e terceira colheita, respectivamente, quando se repunha 100% da evapotranspiração da cultura, baseada no método do Tanque Classe A, em Presidente Prudente-SP. Vale ressaltar que tais autores mantiveram a cultura por 40 dias em viveiro de mudas, e as colheitas foram realizadas mais tardiamente em relação ao presente trabalho (aos 90, 150 e 210 DAT).

A necessidade hídrica da cultura do manjeriço foi cerca de 4,2 e 1,21 vezes menor que a encontrada por Pravuschi et al. (2010) no primeiro e no segundo período de cultivo, enquanto que para a colheita final foi cerca de 1,4 vezes maior. No entanto, é importante ressaltar a grande dependência existente entre o termo evapotranspirométrico e as condições climáticas regionais (SANTOS et al., 2009), assim como os possíveis efeitos das diferenças

nos métodos de obtenção da ET_c e da época do ano em que foram conduzidos os experimentos, justificando assim a diferença entre os valores obtidos.

Normalmente, os valores de coeficiente da cultura aumentam, atingem um máximo e depois diminuem, em função do ciclo da planta (ALLEN et al., 1998). Na fase inicial, que compreende o pegamento e o crescimento inicial das mudas para o primeiro período ($I_{inicial}$), e a rebrota para segundo e terceiro período ($I_{pós-colheita}$), a área de solo coberta pela planta era muito pequena, o que resultou no reduzido consumo hídrico e baixos valores de K_c . Nas fases II, III e IV, a demanda hídrica da cultura aumentou e o K_c atingiu valores máximos na colheita, estando de acordo com o descrito por Pereira; Villa Nova e Sedyama (2013). De maneira geral, o K_c variou de 0,23 na fase inicial do primeiro período a 1,15 no pleno florescimento do terceiro período (fase IV). O valor de K_c foi de aproximadamente 0,37 logo após o corte, aumentando para 0,82 no período de inverno e 1,15 no verão, um pouco antes do corte seguinte. No terceiro período, dos 126 aos 186 DAT, a temperatura média do ar e a ET_o mantiveram-se em níveis elevados, o que pode ter acelerado o desenvolvimento vegetativo, justificando o maior valor de K_c obtido (de 1,15). Em todo o ciclo de cultivo, o menor valor de ET_c verificado foi de 0,32 mm dia⁻¹ e o máximo foi de 6,04 mm dia⁻¹, registrados aos 51 e 184 DAT, respectivamente.

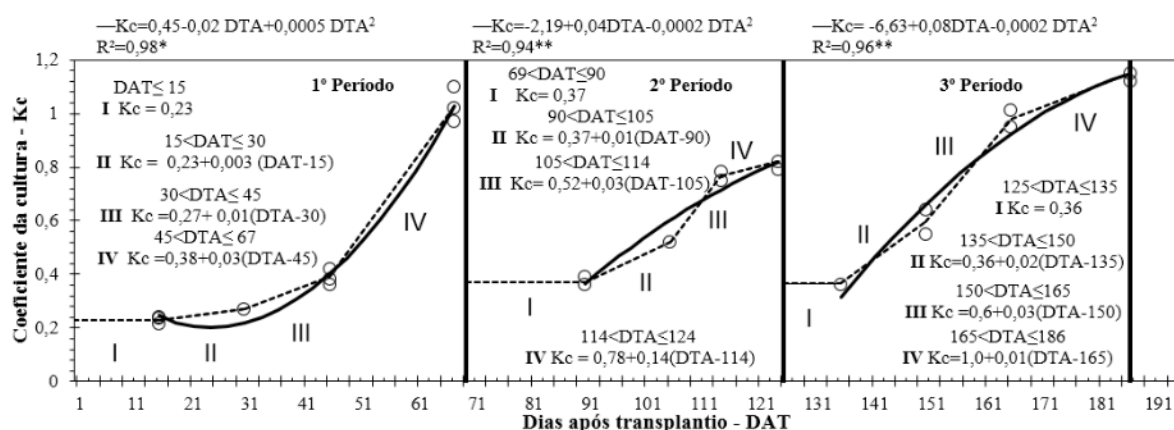
A tendência oscilatória dos valores de K_c ao longo do ciclo pode ser explicada pela relação entre os componentes evapotranspiração (evaporação do solo + transpiração da planta) associados ao auto sombreamento da cultura. Na determinação do K_c para cultura do feijão por lisímetros de pesagem em Campos dos Goytacazes-RJ, Mendonça et al. (2007) atribuíram as maiores taxas evapotranspirativas de plantas de feijoeiro, nos períodos intermediário e final, ao efeito buquê gerado pelas plantas de bordadura do lisímetro, causando superestimativa do K_c em comparação aos valores ajustados, conforme recomendação da FAO para a cultura.

A área de folhas se relaciona diretamente com o K_c , tanto que algumas pesquisas, como a de Loose et al. (2014) com a cultura da berinjela em Santa Maria-RS, afirmam que o coeficiente de cultivo pode ser estimado com precisão aceitável a partir do índice de área foliar da cultura. Após a poda, a superfície do solo ao redor das plantas de manjerição permaneceu exposta, favorecendo o aumento da evaporação da água do solo, enquanto a componente transpiração da planta foi muito baixa nesse período. Isto explica os baixos valores de K_c observados e está de acordo com o obtido por Mendonça et al. (2007) no período final do cultivo do feijão, quando ocorreu redução gradual da área foliar das plantas. Com o crescimento dos ramos e das plantas há o auto sombreamento e o efeito é inverso, com a componente da evaporação da superfície do solo diminuindo. Essa redução é compensada pela maior transpiração da planta e refletida pelos altos valores obtidos para o K_c . Carvalho et al. (2012) obtiveram maiores valores de K_c para o plantio convencional de berinjela em relação ao plantio direto, o que enfatiza o uso de cobertura morta no solo; no primeiro sistema de cultivo, os valores de K_c foram 10%, 21% e 11% superiores ao segundo sistema para os períodos inicial, intermediário e final, respectivamente. Tais autores associaram os menores valores de K_c no plantio direto ao efeito da palha de capim utilizada como cobertura morta sobre a evaporação da superfície do solo. Desta forma, pressupõe-se que logo após a poda o K_c depende basicamente da magnitude e da frequência dos eventos de irrigação, do solo e da ET_o , enquanto que nos demais subperíodos é influenciado principalmente pelos fatores área foliar da planta, velocidade do vento e umidade relativa do ar (LYRA et al., 2012).

Foi ajustada uma curva de regressão quadrática que descreve a variação do K_c ao longo de todo período de cultivo. E também foi ajustada uma regressão linear simples que

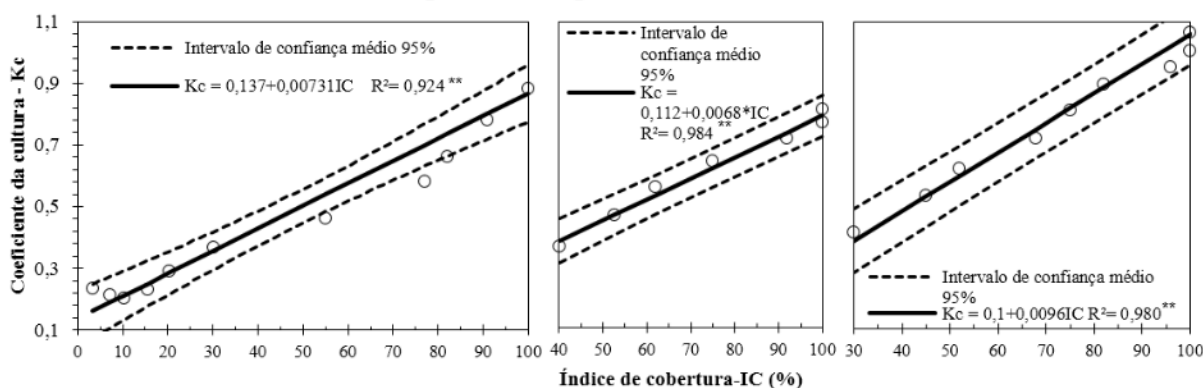
descreve a variação no intervalo do subperíodo. Para isto, ajustou-se o Kc médio com a duração de cada subperíodo (Figura 5).

Figura 5. Curvas de coeficientes da cultura do *Ocimum basilicum* L. nos períodos experimentais e nos diferentes subperíodos. Linhas tracejadas representam a regressão simples por subperíodo. Linhas contínuas representam regressão quadrática para todo período.



Apesar das correlações significativas obtidas, a análise de fatores como a influência da cobertura vegetal se faz necessária para explicar a variabilidade do coeficiente de cultura ao longo do ciclo. Estima-se que o Kc é o fator que expressa o efeito biológico das plantas sobre seu consumo de água (PEREIRA; MOREIRA, 2011). O Kc depende de alguns fatores característicos da planta. Entre eles, incluem-se o tamanho da área foliar e sua distribuição espacial na área de cultivo, isto é, o IC. Portanto, o Kc pode ser estimado em função do IC, conforme a Figura 6.

Figura 6. Coeficiente da cultura (Kc) em função do Índice de cobertura (IC) do *Ocimum basilicum* L. nos três períodos experimentais.



O Kc do manjeriço apresentou relação linear com o IC, mostrando tendência de crescimento em função dos DAT ao longo dos três períodos experimentais. Entretanto, esta tendência se apresenta diferente em cada período. O aumento do IC geralmente implica também em aumento da área foliar, ou seja, em aumento na superfície transpirante. O valor máximo de IC (100%) resulta em uma estimativa máxima de Kc, sendo que este momento

coincide com o das colheitas, realizadas ao final de cada período. Segundo May et al. (2008), quando as plantas de manjerição se sobrepõe é necessário realizar a colheita.

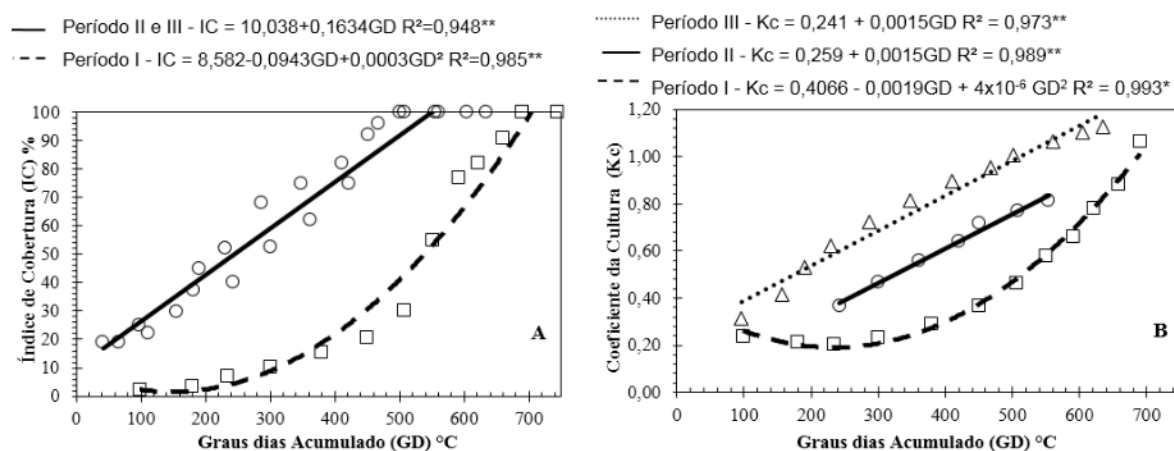
Os resultados experimentais indicam que a utilização do Kc em função do IC é viável para a estimativa do consumo hídrico. Williams e Ayars (2005) estudaram o consumo hídrico em lisímetros para videiras, sendo que ao longo de dois anos foram estimados e comparados os valores de Kc e do IC, resultando em um ajuste linear ($Kc = -0,008 + 0,017 IC\%$ $R^2=0,95$). Pereira, Villa Nova e Sedyama (2013) agruparam os resultados de relações de Kc com IC em culturas sazonais de pequeno porte e médio porte, como algodoeiro, sorgo granífero, feijoeiro e tomateiros. Os autores encontraram um bom ajuste genérico para as culturas ($Kc=0,22 + 0,011 IC\%$), com valor mínimo de 10% e máximo de 75% do IC.

A determinação do índice de cobertura vegetal é facilitada pela adoção de técnicas de sensoriamento remoto em grandes áreas ou uso de fotografias digitais (até com celulares) em áreas menores. Assim sendo, os resultados dos modelos obtidos no presente estudo (Figura 6) podem ser utilizados para estimativa do Kc em função do IC, para a estimativa do consumo hídrico do manjerição.

A relação entre o IC e o somatório de graus-dia acumulado obtidos, ajustaram-se regressões quadrática e linear, ambas significativas em 5% de probabilidade (Figura 7A). À medida que a planta se desenvolve, logo após a fase $I_{inicial}$, fica visível o crescimento rápido do IC (Figura 5), sendo comum associar o desenvolvimento vegetal ao acúmulo diário de temperatura, substituindo o tempo cronológico pelo sistema de acúmulo térmico (GD). O fechamento completo da cobertura vegetal foi observado no período I, quando foram acumulados 690 °C dia. Para os períodos II e III, analisados em conjunto, o fechamento ocorreu quando foram acumulados 554 °C dia. Por meio dos modelos de IC em função do GD (Figura 7A) e de Kc em função IC (Figura 6) combinados, pode-se estimar o Kc do manjerição indiretamente. Quando o ciclo da cultura coincide com a época recomendada para o seu cultivo, geralmente as temperaturas se enquadram na faixa de desenvolvimento com resposta linear à variação de temperatura, e, neste caso, a soma térmica funciona satisfatoriamente (STRECK et al., 2005).

Observa-se que a tendência da curva ajustada de Kc em função do somatório de graus-dia é semelhante à verificada na curva de cobertura vegetal, porém com melhores ajustes do Kc do que do IC (Figura 7B). Este fato demonstra que o coeficiente de cultura pode ser melhor relacionado a índices térmicos, como o acúmulo de graus-dia, do que aos parâmetros de crescimento da cultura, como a cobertura vegetal. Isto está de acordo com o obtido por Medeiros et al. (2000), que obtiveram relações altamente significativas entre Kcb e graus-dia acumulados de feijão carioca, cultivado sobre lisímetro de nível freático constante; ressalta-se que o Kcb refere-se ao Kc obtido quando a evaporação do solo é mínima, mas a umidade do solo na zona radicular é adequada, não limitando nem o crescimento nem a transpiração da planta. Os mesmos autores apresentam ainda as correlações entre Kc e graus-dia para a condição de cultivo em campo irrigado por aspersão convencional, que também são boas. Entretanto, essas últimas não são tão boas quanto à primeira, que foi obtida sem molhamento da superfície do solo e sem deficiência hídrica, justificando assim os melhores ajustes. Vale lembrar que no presente trabalho buscou-se manter o solo em níveis próximos à capacidade de campo e a evaporação da superfície do solo foi reduzida pelo efeito da cobertura morta da palha de cana distribuída na área. Além disso, Medeiros, Arruda e Sakai (2004), avaliaram o intervalo de tempo de coleta de dados para estabelecimento das relações entre Kc e a cobertura vegetal, e apresentaram boas correlações entre o Kc e a porcentagem de cobertura do feijoeiro cultivado em lisímetros de nível freático constante, para o intervalo de cinco dias.

Figura 7. Índice de cobertura (A) e coeficiente da cultura (B) em razão do somatório de graus-dia referentes ao crescimento da cultura do *Ocimum basilicum* L.



6 CONCLUSÕES

O consumo hídrico da cultura nos períodos de cultivo I, II e III foi de 70,91 mm, 103 mm e 187 mm, respectivamente, correspondendo a lâminas diárias médias de 1,03; 1,84 e 3,07 mm d⁻¹. Os valores de Kc máximos e mínimos foram de 0,37-0,23; 0,60-0,27; 1,00-0,38 e 1,15-0,82 para as fases fenológicas I, II, III e IV, respectivamente. As estimativas do Kc e do IC em função do GD foram altamente significativas para a cultura do manjericão, nos três períodos de cultivo estudados. As estimativas do Kc apresentaram melhores coeficientes de determinação que as de IC.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC), por meio do Professor Nilson Borlina Maia pela doação das plantas de manjericão

8 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMUTH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**, Rome: FAO, 1998, 301p. Irrigation and Drainage Paper 56.
- ALLEN, R. G. REF-ET for Windows ver. 2.0—Reference evapotranspiration calculation software for FAO and ASCE standardized equations. University of Idaho. p. 75, 2000.
- ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Editorial Presença, 2006. v. 1.
- CARVALHO, D. F. de; LIMA, M. E. DE; OLIVEIRA, A. D. de; ROCHA, H. S. da; GUERRA, J. G. M. Crop coefficient and water consumption of eggplant in no-tillage system

and conventional soil preparation. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 784-793, 2012.

CHANG, X.; ALDERSON, P. G.; WRIGHT, C. J. Effect of temperature of integration on the growth and volatile oil content of basil (*Ocimum Basilicum* L.). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 80, n. 5, p. 593–598, 2005.

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 162p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 306p.

ERENO, D. **Perfume de manjeriço**. Revista Fapesp, São Paulo, n. 120, p. 72-75, 2006.

FRANCISCO, J. P.; JOSÉ, J. V.; FERNANDES, R. D. M.; DIOTTO, A. V.; MARQUES, P. A. A.; FOLEGATTI, M. V. Acurácia e calibração de sonda de capacitância em um Nitossolo Vermelho distrofico e em um Latossolo Vermelho amarelo In: II INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2014, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI, 2014. p.1915-1921.

JANNUZZI, H. **Rendimento e caracterização química do óleo essencial de genótipos de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)** no Distrito Federal. 2013. xv, p. 69. Tese (Doutorado em Agronomia) —Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

LOOSE, L. H.; MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A.B.; LUCAS, D. D. P.; RIGHI, E. Z. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura da berinjela cultivada em estufa plástica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.3, p.250–257, 2014.

LYRA, G. B.; SILVEIRA, E. L. da; LYRA, G. B.; PEREIRA, C. R.; SILVA, L. D. B. da, SILVA, G. M. da. Coeficiente da cultura da cana-de-açúcar no estágio inicial de desenvolvimento em Campos dos Goytacazes, RJ. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n.1, p. 102-113, 2012.

MAY, A.; BOVI, O. A.; MAIA, N. B.; BARATA, L. E. S.; SOUZA, R. C. Z. de, SOUZA, E. M. R. de; MORAES, A. R. A. de,; PINHEIRO, M. Q. Basil plants growth and essential oil yield in a production system with successive cuts. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, 2008.

MAY, A.; PINHEIRO, M. Q.; SACCONI, L. V.; JESUS, J. P. F. **Manjeriço (*Ocimum basilicum*)**. Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Disponível na internet: [Http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/40.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/40.pdf).

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**, Maringá, v.26, n.4, p.513-519, 2004.

- MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; BONI, N. R. Crescimento vegetativo e coeficiente de cultura do feijoeiro relacionados a graus-dia acumulados. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.9, p.1733-1742, set. 2000.
- MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F. de; BERNARDO, S., SUGAWARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D.; Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. Campina Grande, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n.5, p. 471-475, 2007.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fealq, 2013.
- PEREIRA, R. C. A.; MOREIRA, A. L. M. **Manjerição: cultivo e utilização**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 31 p. il. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 136).
- PRAVUSCHI, P. R.; MARQUES, P. A. A.; ROGOLIN, H. M.; SANTOS, A. C. P. Efeito de diferentes laminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjerição (*Ocimum basilicum* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.4, p.687-693, 2010.
- PUTIEVSKI, E. GALAMBOSI, B. **Basil (The Genus *Ocimum*) Medicinal and Aromatic plants- Industrial Profiles**. Amsterdam, Harwood Academic Publisher p. 39-41, 1999.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC. 1997. 285p.
- RIBEIRO, P.G.F.; DINIZ, R.C. **Plantas Aromáticas e Medicinais: Cultivo e Utilização**. Londrina: IAPAR. 2008, 218 p.
- SANTOS, F.; MONTENEGRO, A.; SILVA, J.; SOUZA, E. Determinação do consumo hídrico da cenoura utilizando lisímetros de drenagem, no agreste pernambucano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.3, p.304-310, jul.-set., 2009.
- SOUZA, F. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J. C.; von PINHO, R. G.; LIMA, G. C. Índice de cobertura vegetal pela cultura do milho no período de chuvas intensas no Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.2, p.345-351, 2010.
- STRECK, N. A.; TIBOLA, T.; LAGO, I.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; ZAGO, V. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.6, p. 1275-1280, 2005.
- VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. **Ciência da Terra**, São Paulo, n.30, p.1-8, 1972.

VON HERTWING, I. F. **Plantio aromáticas e medicinais: plantio, colheita, secagem, comercialização**. 2 ed. São Paulo: Icone, 1991, 414 p.

WILLIAMS, L.; J. AYARS. Grapevine water use and the crop coefficient are linear functions of the shaded area measured beneath the canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 132, n. 3/4, p. 201-211, 2005.