

## DESEMPENHO DO IRRIGÂMETRO NO MANEJO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO FEIJOEIRO<sup>1</sup>

CRISTIANO TAGLIAFERRE<sup>2\*</sup>, RUBENS ALVES DE OLIVEIRA<sup>3</sup>, EDNALDO MIRANDA DE OLIVEIRA<sup>4</sup>, JÚLIO CESAR BATISTA BAPTESTINI<sup>4</sup>, LUCAS DA COSTA SANTOS<sup>5</sup>

**RESUMO** - Neste trabalho teve-se por objetivo avaliar o desempenho do Irrigâmetro no manejo da água de irrigação, conduzido na cultura do feijoeiro, comparativamente ao uso dos métodos padrão de estufa, tensiômetro, Bouyoucos, estação meteorológica automática e tanque Classe A. O Irrigâmetro foi ajustado às características de solo, cultura do feijão e equipamento de irrigação para confeccionar as régua de manejo. Para estimativa direta da evapotranspiração da cultura do feijoeiro nos seus estádios de desenvolvimento, o Irrigâmetro operou com alturas dos níveis de água dentro do evaporatório iguais a 2, 3 e 5 cm, correspondendo aos estádios de desenvolvimento inicial, desenvolvimento vegetativo e floração, respectivamente. A umidade obtida pelo método padrão de estufa foi adotada como referência nas comparações das lâminas de irrigação. O Irrigâmetro pode ser usado no manejo da irrigação para determinar diretamente o consumo de água por uma cultura, em qualquer estádio de desenvolvimento; os métodos que estimam a evapotranspiração da cultura superestimaram a lâmina de irrigação recomendada pelo método padrão de estufa, ocorrendo comportamento contrário com os que determinam a umidade atual do solo.

**Palavras-chave:** Lâmina de irrigação. Evapotranspiração da cultura. Evaporação.

## IRRIGAMETER PERFORMANCE IN IRRIGATION WATER MANAGEMENT IN COMMON BEAN CROP

**ABSTRACT** - In this work, the aim was to evaluate the performance of Irrigameter in the management of the irrigation water, led in the culture of the bean plant, comparatively to the use of the methods standard of stove, tensiometers, Bouyoucos, automatic meteorological station and pan Class A. Irrigameter was adjusted to the soil characteristics, culture of the bean and irrigation equipment to confection the management ruler. For direct estimation of the evapotranspiration of the culture of the bean plant in your development stadiums, Irrigameter operated inside with heights of the levels of water of the evaporatório same to 2, 3 and 5 cm, corresponding to the stadiums of initial development, vegetative development and flowering, respectively. The humidity obtained by the standard method of stove it was adopted as reference in the comparisons of the irrigation depth. Irrigameter can be used in the management of the irrigation to determine the consumption of water directly for a culture, in any development stadium; the methods that estimate the evapotranspiration of the culture overestimated the irrigation depth recommended by the standard method of stove, happening behavior contrary with the ones that determines the current humidity of the soil.

**Keywords:** Irrigation depth. Crop evapotranspiration. Evaporation.

\*Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 10/03/2010; aceito em 25/08/2010.

Parte do trabalho de Pós-doutorado do primeiro autor realizado na Universidade Federal de Viçosa.

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, UESB, Caixa Postal 95, 45083-900, Vitória da Conquista – BA; [tagliafferre@yahoo.com.br](mailto:tagliafferre@yahoo.com.br).

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Agrícola UFV, Viçosa - MG; [rubens@ufv.br](mailto:rubens@ufv.br)

<sup>4</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola UFV, Viçosa - MG; [ednaldoufv@yahoo.com.br](mailto:ednaldoufv@yahoo.com.br); [jcbaptestini@yahoo.com.br](mailto:jcbaptestini@yahoo.com.br).

<sup>5</sup>Mestrando em Engenharia Agrícola, UNESP, Botucatu – SP; [lucas.cs21@gmail.com](mailto:lucas.cs21@gmail.com).

## INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é o processo de transferência de água para a atmosfera resultante da evaporação direta da água do solo e da transpiração dos tecidos vegetais. Estimativas das necessidades hídricas pelas culturas são fundamentalmente importantes para o planejamento e manejo das áreas irrigadas. Assim, as informações sobre a evapotranspiração de referência, que levam a estimativa da evapotranspiração das culturas, tornam-se ferramentas importantes no manejo da irrigação (ARAÚJO et al., 2007). Souza et al. (2009) afirmam que pesquisas envolvendo evapotranspiração são importantes, pois fornecem informações relativas a quantidade de água consumida pelas plantas, fornecendo dados para o manejo da água e para o dimensionamento dos sistemas de irrigação.

Existem várias metodologias e critérios para estabelecer programas de irrigação, que vão desde simples turno de rega, a complexos esquemas de integração do sistema solo-água-planta-atmosfera.

A determinação do consumo de água de uma cultura pode ser obtida a partir de medidas efetuadas no solo, na planta e na atmosfera. Os métodos baseados em medidas no solo se fundamentam na determinação do seu teor de água; os que utilizam medidas na planta consideram o monitoramento do seu potencial hídrico e avaliações da resistência estomática, da temperatura da folha, dentre outros; já os métodos baseados no clima consideram, desde simples medições da evaporação da água num tanque, como o Classe A, até complexas equações para estimativa da evapotranspiração (ROCHA et al., 2003). A determinação da evapotranspiração tem sido mais usada por causa da sua maior praticidade e da menor exigência de mão-de-obra no manejo da irrigação.

Para Pereira e Allen (1997), a medida direta da evapotranspiração é extremamente difícil e onerosa. Difícil, porque exige instalações e equipamentos especiais e, onerosa, porque tais estruturas são de alto custo, justificando-se apenas em condições experimentais. Tagliaferre et al. (2010) menciona que com o advento da tecnologia empregada nas estações meteorológicas automáticas que permitem medir e registrar os elementos meteorológicos em frações de tempo cada vez menores, o emprego das equações empíricas de estimativa da evapotranspiração de referência ganhou importância, devido à facilidade com que os dados são manipulados e por estarem disponíveis em meios eletrônicos de fácil acesso. Entretanto, o uso dessas equações exige conhecimentos específicos por parte do irrigante, dificultando o seu emprego.

Diante de tantos métodos e técnicas existentes para se estimar o consumo de água de uma cultura, é necessário disponibilizar para o produtor técnicas que sejam simples, mas que possuam precisão satisfatória. Neste sentido, o Irrigâmetro é a tecnologia que foi desenvolvida na Universidade Federal de

Viçosa (UFV) com o intuito de levar maior praticidade aos produtores irrigantes. Esse aparelho combina o método de estimativa da evapotranspiração com a disponibilidade de água no solo para a cultura e permite incluir a efetividade da chuva no manejo da irrigação. Oliveira et al. (2008) avaliaram o Irrigâmetro para estimar diretamente a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), comparando o seu desempenho com os métodos de Penman Modificado, Radiação, Hargreaves-Samani e tanque Classe A, tendo como padrão o método de Penman - Monteith - FAO 56. Neste estudo foi verificado que o Irrigâmetro apresentou bom desempenho na estimativa da  $ET_0$  em períodos de 1, 3, 5 e 7 dias, o que levou o autor a recomendar o seu uso no manejo da irrigação.

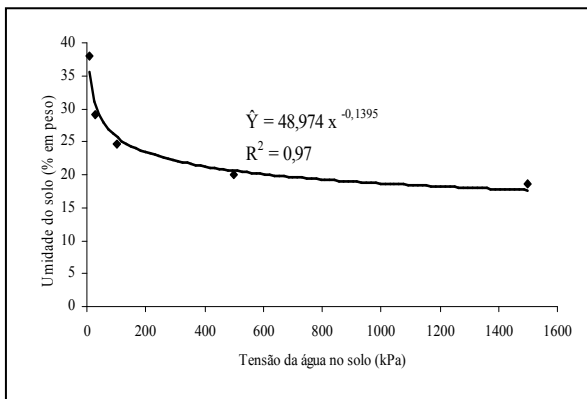
Por ser um aparelho recém desenvolvido, existe a necessidade de conduzir pesquisas com o Irrigâmetro para estimar diretamente a evapotranspiração da cultura e conseqüentemente, o manejo da irrigação. Portanto, neste trabalho avaliou-se o desempenho do Irrigâmetro no manejo da água de irrigação, conduzido na cultura do feijoeiro, comparativamente ao uso dos métodos padrão de estufa, tensiômetro, Bouyoucos, estação meteorológica automática (método de Penman-Monteith - FAO 56) e o tanque Classe A.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido numa área cultivada com feijão (*Phaseolus vulgaris*, cv. Ouro Vermelho), de 0,16 ha, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. O solo da área é classificado como Argissolo. Amostras de solo foram retiradas na camada de 0-30 cm de profundidade para determinação de características químicas, da densidade e da curva de retenção da água no solo. As características químicas determinadas foram: P disponível, K, Ca, Mg, Na, Al trocável, H+Al e matéria orgânica, bem como a saturação de bases, CTC efetiva e pH. A densidade do solo foi determinada usando-se amostras indeformadas. Essas determinações seguiram as normas da EMBRAPA (1997).

A curva de retenção foi determinada para tensões correspondentes a 10, 30, 100, 500 e 1.500 kPa. A umidade na capacidade de campo foi determinada no próprio local pelo método da bacia (BERNARDO et al., 2006), correspondendo a um valor de umidade à tensão de 20 kPa. Na Figura 1 encontra-se a curva de retenção da água no solo.

A semeadura do feijão foi feita no mês de outubro de 2006, utilizando-se 12 plantas por metro linear, com espaçamento entre fileiras de 0,5 metros, e a colheita no mês de dezembro. As adubações de plantio e de cobertura foram realizadas com base nos resultados da análise química do solo e na 5ª aproximação para recomendação de uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al.,



**Figura 1.** Curva de retenção da água no solo da área experimental.

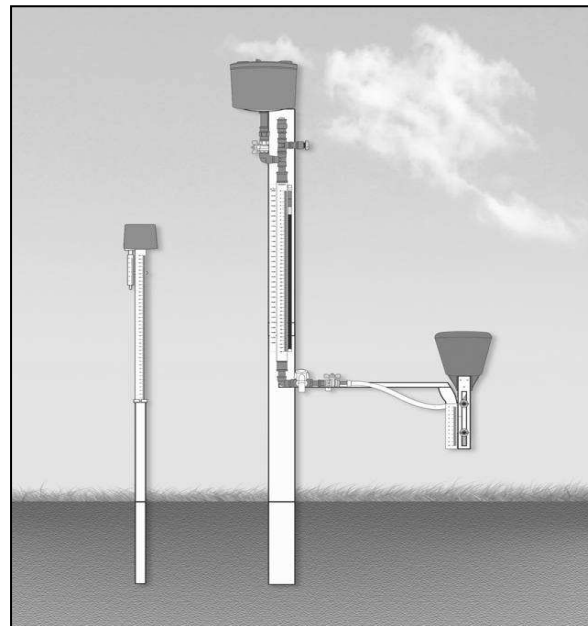
1999). Foi realizada uma adubação de plantio equivalente a 250 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante 08-28-16 e, 30 dias após a emergência, uma adubação nitrogenada de cobertura com uréia, equivalente a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, juntamente com uma aplicação de molibdato de sódio na dosagem de 100 g ha<sup>-1</sup>. Foram feitas aplicações de inseticidas e fungicidas para controle e prevenção de pragas e doenças.

A cultura foi irrigada por um sistema de irrigação por aspersão convencional, dotado de aspersores espaçados de 12 x 12 m. O sistema de irrigação foi previamente avaliado para se obter a uniformidade de distribuição, a eficiência e a intensidade de aplicação de água dos aspersores. Essa avaliação foi utilizada no ajuste das régua temporal e de manejo que compõem o Irrigâmetro.

No manejo da água de irrigação com uso do Irrigâmetro (Figura 2), o aparelho operou com níveis de água dentro do evaporatório iguais a 2, 3 e 5 cm para obter diretamente a evapotranspiração da cultura do feijoeiro nos estádios de desenvolvimento correspondentes ao inicial (15 dias), crescimento (20 dias) e florescimento/enchimento dos grãos (35 dias), respectivamente. Por ocasião de mudança do estágio de desenvolvimento da cultura, mudava-se no Irrigâmetro a altura do evaporatório, para determinado nível de água e a régua de manejo, confeccionada para cada estágio de desenvolvimento da cultura. A metodologia de funcionamento e suas partes constituintes podem ser encontradas em Oliveira e Tagliaferre (2006) e Oliveira e Ramos (2008). A Figura 2 mostra o Irrigâmetro do lado direito e do lado esquerdo o pluviômetro.

A determinação do momento e da quantidade de água a ser aplicada na cultura do feijão foi realizada com uso de tensiômetros, adotando-se o turno de rega variável. Foram montados na área experimental três baterias com dois tensiômetros em cada uma, instalados com suas cápsulas tensiométricas a 7,5 e a 22,5 cm de profundidade, correspondendo à metade das camadas de 0-15 e 15-30 cm, respectivamente.

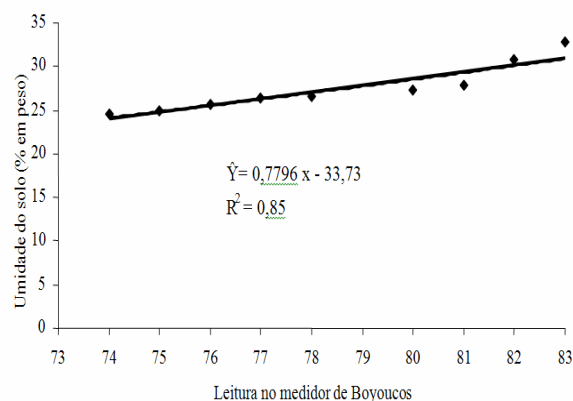
As irrigações na cultura foram realizadas quando a umidade atual do solo atingiu valor igual ao da umidade correspondente ao potencial mátrico



Fonte: Oliveira e Ramos (2008).

**Figura 2.** Representação do Irrigâmetro equipado com evaporatório (direita) e pluviômetro (esquerda).

de -40 kPa, de acordo com Silveira e Stone (1994). A lâmina de irrigação foi obtida quando a média das leituras dos tensiômetros instalados nas duas profundidades alcançaram valores próximos de -40 kPa. A umidade atual do solo para a tensão crítica foi obtida diretamente na Figura 1, utilizando-se o valor médio da tensão encontrada nos tensiômetros. No caso do método de Bouyoucos, os blocos de gesso foram instalados nas profundidades de 7,5 e 15 cm. Antes de cada evento de irrigação, a lâmina de irrigação para o estágio inicial foi obtida para profundidade do bloco de gesso igual a 7,5 cm e para os demais estádios, a profundidade adotada foi igual a 15 cm. A umidade atual do solo foi obtida diretamente na Figura 3, utilizando-se o valor médio das duas leituras feitas no medidor de Bouyoucos.



**Figura 3.** Umidade do solo em função das leituras no medidor de Bouyoucos para o solo da área experimental.

Para obter a umidade do solo pelo método de Bouyoucos foi feita uma calibração prévia do equipamento. Essa calibração foi obtida fazendo-se leituras no medidor de Bouyoucos e em seguida, determinando-se a umidade pelo método padrão de estufa. A curva foi obtida por secamento, partindo-se do solo saturado até o momento em que a umidade do solo ficou abaixo da umidade crítica para a cultura do feijão (-50 kPa).

As lâminas de irrigações (Li) foram determinadas quando a tensão da água no solo se aproximou do valor crítico, sendo a lâmina total calculada por:

$$Li = \frac{(CC - Ua) ds Z}{10 Ea}$$

(1)

em que:

CC = umidade do solo à capacidade de campo, % em peso;

Ua = umidade atual do solo, % em peso;

ds = densidade do solo, g cm<sup>-3</sup>;

Z = profundidade efetiva do sistema radicular do feijoeiro para cada estágio de desenvolvimento, em cm;

Ea = eficiência de aplicação de água do equipamento de irrigação, %.

O tempo de irrigação por posição foi obtido utilizando-se a seguinte expressão:

$$Ti = \frac{Li}{Ia}$$

(2)

em que:

Ti = tempo de irrigação, h; e

Ia = intensidade de aplicação de água, mm h<sup>-1</sup>.

A evapotranspiração de referência estimada pelo método do Tanque Classe A foi realizada a partir da evaporação da água (ECA), sendo convertida em lâmina evapotranspirada por meio da equação:

$$ET_0 = Kp ECA$$

(3)

em que:

ET<sub>0</sub> = evapotranspiração de referência, mm;

ECA = evaporação no Tanque Classe A, mm;

Kp = coeficiente do tanque, (adimensional).

Os valores dos coeficientes do tanque (Kp) foram obtidos utilizando-se a equação de regressão derivada de Doorenbos e Pruitt (1977), conforme descrito por Allen et al. (1998), para uma condição local de área cultivada com grama e bordadura igual a dez metros.

Para converter a evapotranspiração de referência obtidas pelos métodos de Penman-Monteith – FAO 56 e pelo tanque Classe A em evapotranspiração da cultura utilizou-se os coeficientes da cultura iguais a 0,50; 0,85 e 1,15 (ALLEN et al. 1998), para os estádios de desenvolvimento inicial, desenvolvimento vegetativo e floração, respectivamente.

As lâminas de irrigação encontradas através do método de Penman-Monteith – FAO 56 foram calculadas com uso do aplicativo REF-ET (ALLEN, 2000), que utiliza variáveis climáticas como: temperatura mínima, média e máxima, insolação ou radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento.

A recomendação das lâminas de irrigação com uso dos métodos que estimam a evapotranspiração de referência foi feita por meio do somatório da evapotranspiração real da cultura e a contabilização da precipitação pluvial ocorrida no período, respeitando-se a lâmina de água que a cultura poderia perder em cada estágio de desenvolvimento, de acordo com a expressão:

$$Li = \frac{\sum ET_0 Kc Ks - Pe}{Ea}$$

(4)

em que:

Li = lâmina total de irrigação, mm;

Kc = coeficiente da cultura, de acordo com o estágio de desenvolvimento, adimensional;

Ks = coeficiente que depende da umidade do solo (0 a 1), adimensional;

Pe = precipitação efetiva, mm; e

O coeficiente de déficit hídrico foi obtido com uso da expressão:

$$Ks = \frac{\ln[(LAA + 1,0)]}{\ln[(CTA + 1,0)]}$$

(5)

em que:

Ks = coeficiente de déficit hídrico, adimensional;

ln = logaritmo neperiano;

LAA = lâmina atual de água no solo, em mm;

CTA = capacidade total de água no solo, em mm.

Antes da realização de cada evento de irrigação foram retiradas amostras de solo representativas da camada de 0-30 cm de profundidade, para determinação da umidade do solo pelo método padrão de estufa. Simultaneamente, foram computadas as lâminas de irrigação obtidas com uso da estação meteorológica automática, tanque Classe A, Bouyoucos e com o Irrigâmetro. O Irrigâmetro, a estação meteorológica automática e o Tanque Classe A estavam instalados numa área gramada, do lado do experimento.

O desempenho do Irrigâmetro no manejo da água de irrigação, conduzido na cultura do feijoeiro, foi obtido comparando-se a lâmina de irrigação reco-

mendada pelo aparelho com as lâminas obtidas com uso dos métodos padrão de estufa, tensiômetro, Bouyoucos, tanque Classe A e estação meteorológica automática (método de Penman-Monteith – FAO 56), em cada estágio de desenvolvimento e durante o ciclo da cultura, tendo como referência o método padrão de estufa. Além dessas comparações, os dados foram submetidos ao teste Dunnett a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 encontram-se os valores diários de evapotranspiração da cultura do feijão, obtidas com uso do método de Penman-Monteith – FAO 56, tanque Classe A e o Irrigâmetro. O último método foi ajustado às características de solo, planta e equipamento de irrigação encontrado na área experimental para obter diretamente a evapotranspiração da cultura em cada estágio de desenvolvimento, a lâmina a ser aplicada e o tempo de irrigação, sem a necessidade de efetuar qualquer tipo de cálculo na execução do manejo da água de irrigação.

Verifica-se na Figura 4 que os métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc), Tanque Classe A e o Irrigâmetro, apresentaram resultados semelhantes. Apesar dos pontos estarem dispersos, eles apresentam uma tendência de acompanhar a linha de valores 1:1, demonstrando que os valores obtidos por esses métodos estão bem correla-

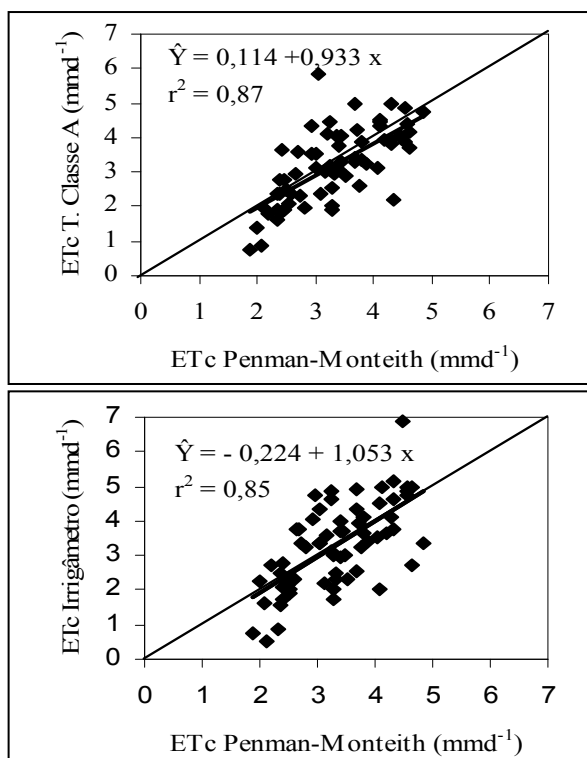
cionados com os do método de Penman-Monteith – FAO 56, adotado como padrão. Convém ressaltar que, no período do experimento, ocorreram chuvas frequentes e baixa demanda atmosférica, o que resultou numa diminuição no número de pontos, pois foram eliminados os dias chuvosos e com ocorrência de neblina. Nestas condições, os equipamentos evaporimétricos como o tanque Classe A e o Irrigâmetro são mais influenciados pelas condições climáticas do que o modelo matemático de Penman-Monteith - FAO 56. Os resultados das comparações entre os valores diários de evapotranspiração de cultura obtidos pelos métodos estudados com os valores estimados pelo método de Penman-Monteith - FAO 56 se encontram na Tabela 1.

Os resultados das comparações entre os métodos confirmam a igualdade nos seus desempenhos. Os dois métodos apresentaram condições ideais de coeficientes angulares e lineares, ou seja, valores de a e b próximos a zero e um, respectivamente. Baseando-se na classificação proposta por Camargo e Sentelha (1997) os métodos apresentaram “Bom” desempenho, evidenciando que os dois métodos possibilitam a obtenção de valores de evapotranspiração da cultura consistentes e representativos da condição diária da demanda hídrica atmosférica. Isso evidencia que os dois equipamentos podem ser utilizados no manejo da água de irrigação, com alto grau de confiabilidade.

A necessidade hídrica do feijoeiro também foi determinada por cada metodologia utilizada, antes de cada evento de irrigação. As chuvas frequentes condicionaram a ocorrência de apenas quatro eventos de irrigação, como pode ser verificado na Tabela 2.

Dentre os métodos utilizados no manejo de irrigação percebe-se, de modo geral, que os valores das lâminas recomendadas para cada evento de irrigação não foram muito diferentes, do valor obtido com uso do método padrão de estufa, considerado como referência neste estudo. Comparando-se o Irrigâmetro com os demais métodos, verifica-se que o aparelho teve bom desempenho, apresentando valores das lâminas de água de irrigação, estatisticamente, iguais às dos outros métodos e à obtida pelo método padrão de estufa (Tabela 3).

Os resultados encontrados na tabela acima mostram que o Irrigâmetro pode ser recomendado para estimativa direta da evapotranspiração da cultura nos seus diversos estágios de desenvolvimento, e conseqüentemente, no manejo da água de irrigação. Este método tem como vantagem a praticidade, uma vez que não requer conhecimentos aprofundados em ciência da irrigação e não envolve qualquer cálculo no manejo da água de irrigação. Quanto aos métodos de Penman-Monteith – FAO 56, tanque Classe A, tensiômetro e Bouyoucos, as diferenças médias encontradas foram da ordem de 13,79; 4,0; - 6,0 e - 2,0%, respectivamente, em relação ao método padrão de estufa. Esses métodos apresentaram bom



**Figura 4.** Estimativa diária da evapotranspiração da cultura pelos métodos de Penman-Monteith – FAO 56, tanque Classe A e o Irrigâmetro.

**Tabela 1.** Parâmetros da regressão (a, b), coeficiente de determinação ( $r^2$ ), coeficiente de correlação (r), estimativa do erro padrão (EEP), índice de concordância (d) e o índice de confiança ou desempenho (c) para valores diários de ETc.

Métodos	a	b	$r^2$	EEP	r	d*	c**	Classificação*	ET <sub>0</sub> (mm)
P. Monteith FAO 56									3,29
Tanque Classe A	0,114	0,933	0,90	0,99	0,95	0,76	0,72	Bom	3,24
Irrigâmetro	-0,224	1,053	0,85	0,91	0,92	0,77	0,71	Bom	3,24

\*\*Camargo e Sentelha (1997); \*Willmott, et al. (1985).

**Tabela 2.** Lâminas de irrigação obtidas para cada método utilizado em cada evento de irrigação, expresso como percentual da lâmina recomendada pelo método padrão de estufa.

Eventos de irrigação	Lâminas de irrigação recomendada pelos métodos					
	Penman-Monteith	T. Classe A	Irrigâmetro	Tensiômetro	Bouyoucos	Padrão de Estufa
1	12,4 (103)	11,0 (92)	12,4 (103)	11,3 (94)	14,6 (122)	12,0
2	12,6 (113)	11,5 (103)	10,4 (93)	8,53 (76)	11,3 (100)	11,2
3	14,9 (142)	14,2 (135)	17,3 (165)	12,1 (115)	10,1 (96)	10,5
4	19,5 (105)	17,6 (95)	17,7 (95)	17,0 (91)	15,4 (83)	18,6
Total	59,4	54,3	57,8	48,9	51,3	52,2
Diferença relativa (%)	113,79	104	110	94	98	100

**Tabela 3.** Lâmina média de irrigação e valor do contraste entre os diferentes métodos de manejo, em relação ao método padrão de estufa.

Métodos	Teste de Dunnett	
	Média	$y_i - y$
$y_i = \text{PM-FAO56}$	14,85	1,80 <sup>ns</sup>
$y_i = \text{TCA}$	13,58	0,53 <sup>ns</sup>
$y_i = \text{Irrigâmetro}$	14,45	1,40 <sup>ns</sup>
$y_i = \text{Tensiômetro}$	12,23	0,82 <sup>ns</sup>
$y_i = \text{Bouyoucos}$	12,83	0,22 <sup>ns</sup>
$y = \text{Padrão de Estufa}$	13,05	-

<sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

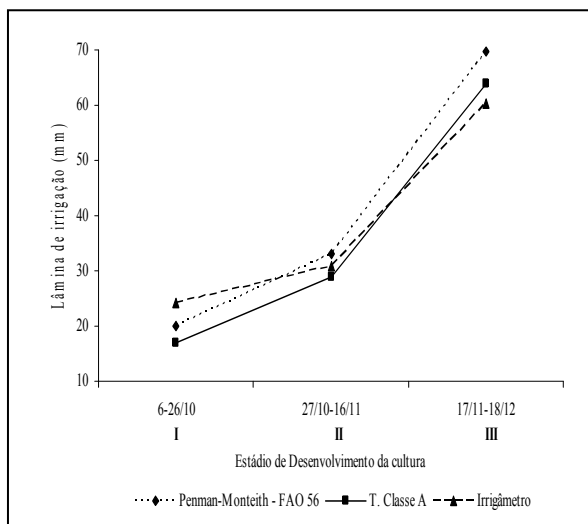
desempenho, corroborando com a literatura, mas apresentam como desvantagem o uso de cálculos e planilhas eletrônicas, o que desestimula a sua adoção por parte dos produtores irrigantes.

Contin (2008), em estudo semelhante na região de Viçosa-MG, observou que o método de Penman-Monteith FAO 56 processado no software REF-ET subestimou os valores das lâminas de irrigação em 20%, quando comparado com o método padrão de estufa. Esse resultado difere do encontrado neste estudo, onde houve uma superestimativa da lâmina de irrigação em 13,79% em relação ao método padrão de estufa.

Observa-se na Tabela 2 que os métodos que determinam a evapotranspiração da cultura superestimaram a lâmina de irrigação obtida pelo método padrão de estufa, ocorrendo comportamento contrário com os métodos que determinam a umidade atual do solo. Lopes et al. (2004), trabalhando com tensiômetros e tanque Classe A para estimativa da lâmina

de irrigação, em sistema de cultivo convencional e plantio direto, observou economia de 15% na quantidade total de água de irrigação obtida com tensiômetro, quando comparado com o tanque Classe A. Essa subestimativa ocorre porque, após um evento de chuva de alta magnitude, o solo se encontra saturado, levando de um a dois dias para alcançar a capacidade de campo, no caso de solos argilosos. Durante esse período, em que ainda está ocorrendo a drenagem no perfil do solo, os métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura contabilizam a lâmina consumida pela cultura, provocando a superestimativa da lâmina de irrigação.

Quando se compara as lâminas de irrigação obtidas pelos métodos de Penman-Monteith – FAO 56, tanque Classe A e o Irrigâmetro para períodos de tempo maiores, como por exemplo, para cada estágio de desenvolvimento da cultura (Figura 5), verifica-se que o desempenho do Irrigâmetro é semelhante ao método de Penman-Monteith – FAO 56 e tanque Classe A, como descrito anteriormente. As lâminas médias recomendadas por esses métodos para cada estágio de desenvolvimento da cultura são praticamente iguais. Comportamento semelhante foi observado por Tagliaferre (2009) em experimento conduzido na cultura do feijão-caupi, em Vitória da Conquista – BA, onde o Irrigâmetro, comparado a outras cinco metodologias de manejo de irrigação mostrou desempenho satisfatório, não apresentando diferença significativa quando se utilizou o teste Tukey a 5% de probabilidade. Esses resultados mostram que o Irrigâmetro pode ser recomendado para se obter diretamente a evapotranspiração da cultura em cada estágio de desenvolvimento, sendo indicado no manejo da água de irrigação, cujo uso é potencialmente devido à sua alta praticidade, ausência de cálculos e custo relativamente baixo.



**Figura 5.** Lâmina de irrigação recomendada pelo método de Penman-Monteith – FAO 56, tanque Classe A e o Irrigâmetro para os estádios fenológicos da cultura do feijoeiro.

## CONCLUSÕES

O Irrigâmetro apresenta desempenho satisfatório na estimativa da evapotranspiração da cultura do feijoeiro nos seus estádios de desenvolvimento, podendo ser recomendado no manejo da água de irrigação;

O desempenho do Irrigâmetro no manejo da água de irrigação é semelhante aos dos demais métodos estudados;

Os métodos que estimam a evapotranspiração da cultura superestimaram a lâmina de irrigação recomendada pelo método padrão de estufa, ocorrendo comportamento contrário para os métodos que avaliam a umidade do solo.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo auxílio financeiro.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALLEN, R. G. REF-ET: **Reference evapotranspiration calculator, Version 2.1**. Idaho: Idaho University, 2000. 82 p.

ARAÚJO, W. F.; COSTA, A. A.; SANTOS, A. E. dos. Comparação entre métodos de estimativas da

evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) para Boa Vista-RR. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 84-88, 2007.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

CAMARGO, A. P.; SENTELHA, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1. p.89-97, 1997.

CONTIN, F. S. **Tecnologia do Irrigâmetro aplicada no manejo da irrigação do feijoeiro**. 2008, 52 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J. O. **Crop water requirement**. Rome: FAO, 1977. 144 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24)

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS, 1997. 212 p. (Documento, 1).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos**, Brasília: Embrapa – CNPS, 1999. 412 p.

LOPES, A. S. et al. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 89-100, 2004.

OLIVEIRA, R. A. de; TAGLIAFERRE, C. Irrigâmetro: nova tecnologia para manejo da água de irrigação. In: BARBOSA, T. C. et al. **Ambiente protegido: olericultura, citricultura e floricultura**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 39-64.

OLIVEIRA, R. A. et al. Desempenho do irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 166-173, 2008.

OLIVEIRA, R. A.; RAMOS, M. M. **Manual do irrigâmetro**. Viçosa; MG: UFV, 2008. 144 p.

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, n. 4, p. 118-143, 1997.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARIZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de**

---

**corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º** Aproximação. Viçosa, MG: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; AZEVEDO, H. M. de. Ajuste do modelo Chistiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 263-268, 2003.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro**: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central. Goiânia: EMBRAPA, 1994. 46 p. (Circular técnica, 27).

SOUZA, M. do S. M. de et al. Evapotranspiração do Maracujá nas condições do Vale do Curu. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 11-16, 2009.

TAGLIAFERRE, C. **Ajuste do Irrigâmetro aplicado ao manejo racional da água de irrigação na região do planalto de Vitória da Conquista – BA**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2009. 31 p. (Relatório técnico/CNPq)

TAGLIAFERRE, C. et al. Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunápolis-BA. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 103-111, 2010.

WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. Statistics for evaluation and comparisons of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985.