
NOTA TÉCNICA:

USO DO *SOFTWARE* INTECPERÍMETRO® NO MANEJO DA IRRIGAÇÃO DO FEIJOEIRO

Francisco Edson Paulo Ferreira¹, Silvio Bueno Pereira², Mauro Aparecido Martinez³,
Adilson Rodrigues Soares⁴, Fernando França da Cunha⁵

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho utilizar o *software* IntecPerímetro® na avaliação do manejo da irrigação na cultura do feijão. O *software* foi alimentado por dados de clima, cultura, solo e os referentes ao equipamento de irrigação. A avaliação do manejo da irrigação procedeu-se pela comparação entre os valores médios de lâmina aplicada e tempo de funcionamento do equipamento de irrigação praticados pelo irrigante e calculados por meio do uso do *software* IntecPerímetro® em todas as fases de desenvolvimento da cultura, por meio do teste “t” de Student ao nível de 5% de probabilidade. A lâmina média de irrigação proposta pelo *software* foi 28,3% menor que a praticada pelo irrigante. Os valores de umidades obtidas em campo pelo método do forno micro-ondas não diferiram estatisticamente da umidade referente à lâmina de irrigação executada pelo irrigante utilizando o *software*.

Palavras-chave: agricultura irrigada, Hargreaves-Samani, feijão, pivô central.

ABSTRACT

USE OF INTECPERÍMETRO® SOFTWARE IN THE EVALUATION OF IRRIGATION MANAGEMENT IN THE BEAN CROP

This study aimed to evaluate the irrigation management in the irrigated perimeter by central pivot of bean crops through the IntecPerímetro® *software*. The *software* was powered with climate, crop and soils data and the ones from the irrigation equipment. The evaluation of irrigation management us lots It is given by through the comparison of values average blade applied and operation time the irrigation equipment practiced by irrigating and calculated through the use of IntecPerímetro® software in all the stages of development culture, through “t” test in Student at the level 5% probability. The water blade calculated by the *software* was less than the one performed by the irrigator, showing a medium potential in water savings of 28.3%. The humidity values obtained in the field by the microwave oven method did not differ statistically the humidity from increase irrigation performed by irrigator calculated by the *software*.

Keywords: Irrigated agriculture, Hargreaves-Samani, beans, central pivot.

Recebido para publicação em 15/01/2016. Aprovado em 08/06/2016.

1 - Engenheiro Agrícola, Mestre Engenharia Agrícola DEA/UFV, Campus Viçosa-MG. ferreira.paulo@ufv.br

2 - Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, DEA/UFV, Campus Viçosa-MG. silviopereira.ufv@gmail.com

3 - Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, DEA/UFV, Campus Viçosa-MG. mmauro@ufv.br

4 - Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola DEA/UFV, Campus Viçosa-MG. soares_1509@yahoo.com.br

5 - Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, DEA/UFV, Campus Viçosa-MG. fernando.cunha@ufv.br

INTRODUÇÃO

A água é um dos principais fatores de produção na agricultura e cada espécie de planta apresenta consumo hídrico diferente para que suas necessidades fisiológicas sejam atendidas de modo a não comprometer sua produtividade. A irrigação constitui a alternativa viável, dentre os demais tratamentos culturais, na melhoria da produtividade e sua finalidade básica é fornecer água à cultura para atender à sua exigência hídrica e a lâmina de irrigação adequada, de modo a obter produtividade satisfatória (FREITAS *et al.*, 2003; SANTANA *et al.*, 2008; KISI, 2011).

A tendência de decréscimo de disponibilidade de água para a agricultura, o aumento dos custos de energia e a crescente preocupação mundial com os recursos hídricos, leva à adoção de estratégias de manejo que possibilitem economia de água sem prejuízos expressivos na produtividade. Uma boa estratégia de manejo da irrigação é fundamental para economizar água sem, no entanto, por em risco o rendimento das culturas (JALOTA *et al.*, 2006; PEREIRA *et al.*, 2009; LÓPEZ-MATA *et al.*, 2010).

A irrigação é responsável por grande parte do consumo de energia na propriedade rural e este pode ser ainda maior se o produtor rural não adotar um método adequado de manejo da irrigação. A justificativa do irrigante para o consumo de água em excesso está relacionada, em geral, à preocupação de que a cultura não sofra déficit hídrico, o que poderia comprometer a produtividade. O descontrole da irrigação gera um aumento do custo de produção pelo desperdício dos recursos de energia elétrica e água (MORAES *et al.*, 2011).

Ao longo dos anos, a prática de irrigação no Brasil foi se concretizando e continua em expansão. Algumas políticas públicas foram implantadas no decorrer dos tempos para incentivo e fomento a irrigação, podendo exemplificar a irrigação na bacia do Rio Paracatu, que nos últimos 20 anos aumentou expressivamente devido, principalmente, aos incentivos advindos de programas governamentais, destacando-se o Plano de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Mineiro. Devido a isto, a agricultura está enfrentando crescente pressão de outros segmentos do uso da água. Nesse contexto,

melhorar a eficiência do uso da água torna-se necessário e obrigatório em muitos perímetros de irrigação, principalmente em regiões áridas e semi-áridas (HAMDY, 2007).

A utilização de modelos computacionais, capazes de simular a demanda de água para irrigação a partir de observações de parâmetros relacionados ao solo, à planta e ao clima, visando o gerenciamento eficiente e racional dos recursos hídricos, se torna uma prática indispensável. O *software* Perímetro Manager foi desenvolvido com objetivo de simular o consumo de água em perímetros irrigados, a partir das parcelas cultivadas, e monitorar a distribuição de água para as propriedades. O sistema tem como base os recursos de clima, solo, cultura e sistema de irrigação, consolidados em uma estrutura de banco de dados, que possibilita a execução de manejo, em tempo real, e simulação de água para diferentes épocas (DANTAS NETO *et al.*, 2005).

Anos depois, a empresa INTEC decidiu realizar melhorias no sistema computacional Perímetro Manager, até então disponível apenas para execução em ambiente Windows, utilizando a equação proposta por Penman-Monteith para o cálculo da estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_0). O novo *software* desenvolvido pela empresa INTEC recebeu o nome de IntecPerímetro[®], cujo objetivo é realizar o manejo real diário da demanda de água para irrigação em perímetros irrigados.

Objetivou-se no presente trabalho avaliar o manejo da irrigação na cultura do feijoeiro irrigado por pivô central no perímetro irrigado de Entre Ribeiros/Paracatu-MG por meio do *software* IntecPerímetro[®].

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no noroeste do Estado de Minas Gerais (latitude 16° 45' S, longitude 46° 30' W e altitude de 518 a 524 m), na microbacia do Entre Ribeiros, pertencente à bacia do rio São Francisco. Foi avaliado um pivô instalado na área pertencente ao Projeto de Colonização Paracatu-Entre Ribeiros (PCPER) que é administrado pela Associação de Apoio aos Produtores do Paracatu/Entre Ribeiros (AAPER). Por demandar grandes vazões dos cursos d'água da Bacia do Rio São Francisco, é considerado um dos maiores perímetros de irrigação com pivô central da América Latina.

O clima na região conforme classificação de Köppen é tropical chuvoso, com regime

pluviométrico médio anual de 1.453 mm. As temperaturas médias anuais variam entre 21°C e 24°C, a umidade média anual é da ordem de 72% e a insolação média anual é da ordem de 2.450 horas (SEAPA-MG, 1998).

O local possui relevo composto por planaltos suaves, com predominância de Latossolos profundos e com baixa predisposição natural à erosão, apresentado boa aptidão agrícola (ANDRADE, 2007).

A obtenção dos dados necessários para realização do cálculo do consumo de água utilizando o *software* IntecPerímetro®, bem como a avaliação do sistema de irrigação, compreendeu o período entre os meses de maio a agosto de 2015, de modo a acompanhar o ciclo inteiro da cultura do feijão, que foi utilizada sob o pivô.

Para avaliação da uniformidade de distribuição da lâmina de irrigação, foram realizados testes utilizando coletores com 8,0 cm de diâmetros suspensos por hastes de alumínio de 70 cm de altura. Os coletores foram distribuídos espaçados em cinco metros entre si, ao longo de uma única direção radial a partir do centro do pivô. De posse dos volumes coletados foram realizados os cálculos da uniformidade por meio dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD):

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n S_i \left| L_i - \frac{\sum_{i=1}^n L_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \right|}{\sum_{i=1}^n L_i S_i} \right] \quad (1)$$

em que,

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

S_i = distância do centro do pivô ao ponto i (m);

L_i = lâmina coletada no ponto i (m); e

n = número de pontos coletados.

$$CUD = \frac{\bar{X}_{p(25)}}{\bar{X}_p} 100 \quad (2)$$

em que,

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

$\bar{X}_{p(25)}$ = lâmina média ponderada dos 25% menores valores coletados (mm); e

\bar{X} = lâmina média ponderada dos coletores avaliados (mm).

O *software* utiliza a equação proposta por Hargreaves e Samani (1985) para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_0), devido sua simplicidade, sendo necessários somente dados de temperatura do ar e coeficientes dependentes da latitude do local e época do ano.

$$ET_0 = 0,0023 (T+17,8) (T_{\max} - T_{\min})^{0,5} R_a \quad (3)$$

em que,

ET_0 = evapotranspiração de referência (mm d⁻¹);

T_{\max} = temperatura máxima (°C);

T_{\min} = temperatura mínima (°C);

T = temperatura média (°C); e

R_a = radiação solar no topo da atmosfera que varia com o mês e a latitude do local (mm d⁻¹).

Conhecendo-se os valores da ET_0 para a área de estudo, é possível calcular a evapotranspiração da cultura (ET_c) com base na metodologia proposta por Doorenbos e Kassam (1979), conforme seguinte equação:

$$ET_c = ET_0 K_c K_s \quad (4)$$

em que,

ET_c = evapotranspiração da cultura (mm d⁻¹);

ET_0 = evapotranspiração de referência (mm d⁻¹);

K_c = coeficiente de cultura (adimensional); e

K_s = coeficiente que depende da depleção da água no solo (adm).

O valor de K_s é calculado a partir da metodologia proposta por Bernardo *et al.* (2008), conforme a Equação 5.

$$K_s = \frac{\ln(LAA+1)}{\ln(CTA+1)} \quad (5)$$

em que,

K_s = coeficiente de depleção de água no solo (adm);

LAA = lâmina atual de água no solo (mm); e

CTA = capacidade total de armazenamento de água no solo (mm).

Com todos os dados cadastrados no *software*, foi possível calcular a lâmina de água armazenada

no solo que a cultura pode utilizar sem afetar sua produtividade no dia *i* (LAA_{*i*}). Quando a umidade atual do solo for igual à capacidade de campo, a LAA será igual à capacidade total de água no solo (CTA). A IRN é obtida por meio da seguinte equação:

$$IRN = \frac{C_c - U_a}{10} D_s Z - P \quad (6)$$

em que,

IRN = irrigação real necessária (mm);
 C_c = capacidade de campo (% peso base seca);
 U_a = umidade atual (% peso base seca);
 D_s = densidade do solo (g cm⁻³);
 Z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm); e
 P = precipitação ocorrida (mm).

A irrigação total necessária (ITN) representa a quantidade de água a ser aplicada pelo sistema de irrigação para que a irrigação real necessária fique disponível para a planta. Para esta determinação, devem-se levar em consideração as perdas por evaporação e arraste, por percolação e vazamentos. O valor adotado referente à eficiência da irrigação foi o próprio valor obtido para o coeficiente de uniformidade de Christiansen. Para o cálculo da ITN, foi utilizada a seguinte equação:

$$ITN = \frac{IRN}{CUC} \quad (7)$$

em que,

ITN = irrigação total necessária (mm);
 IRN = irrigação real necessária (mm); e
 CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (decimal).

Depois de realizada a irrigação espera-se que a lâmina de irrigação aplicada no solo, obrigatoriamente, reponha a lâmina de água referente à evapotranspiração da cultura naquele determinado momento, se essa lâmina for maior, irá ocasionar perda por percolação, se for menor, evidentemente, ocasionará déficit de água no solo. As perdas por percolação e déficit de água no solo podem ser obtidas por meio das seguintes equações, respectivamente:

$$PP = LAA - ET_c > CRA \quad (8)$$

em que,

PP = perda por percolação (mm);
 LASI = lâmina de água armazenada no solo após a irrigação (mm);
 ET_c = evapotranspiração da cultura (mm); e
 CRA = capacidade real de água no solo (mm).

$$DAAI = LASI - ET_c < UC \quad (9)$$

em que,

DAAI = déficit de água no solo após irrigação (mm);
 LASI = lâmina de água armazenada no solo após a irrigação (mm d⁻¹);
 ET_c = evapotranspiração da cultura (mm d⁻¹); e
 U_c = Umidade crítica, que corresponde ao valor do fator de disponibilidade hídrica (f).

A partir de observações de parâmetros relacionados ao solo, a planta e ao clima, que foram cadastrados e disponibilizados na forma de dados, o usuário necessita entrar com as informações climáticas do dia anterior para manejar o dia atual. Na Figura 1 é ilustrado a tela de abertura do software IntecPerímetro[®] e seus respectivos módulos de cadastros.

A realização do manejo da irrigação utilizando o *software* IntecPerímetro[®] foi compreendido entre o período de 25/05/2015 à 22/07/2015, totalizando 59 dias de manejo, durante os estádios de desenvolvimento e intermediário da cultura, nos estádios inicial e final onde a preocupação do irrigante com a cultura é maior o manejo foi realizado pelo próprio irrigante.

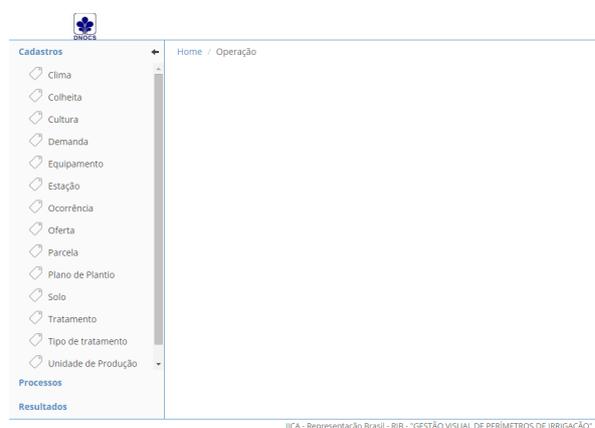


Figura 1. Tela de abertura do *software* e seus diferentes módulos de cadastro.

Apos cadastrados as informações referentes a cada módulo, o *software* calcula a lâmina de irrigação diária para a parcela. Na opção *processos*, são visualizados os resultados (Figura 2), seguindo a seguinte conformação: propriedade, parcela, CTA (%), lâmina de irrigação (mm), velocidade (%), tempo de irrigação (H) e déficit (mm).

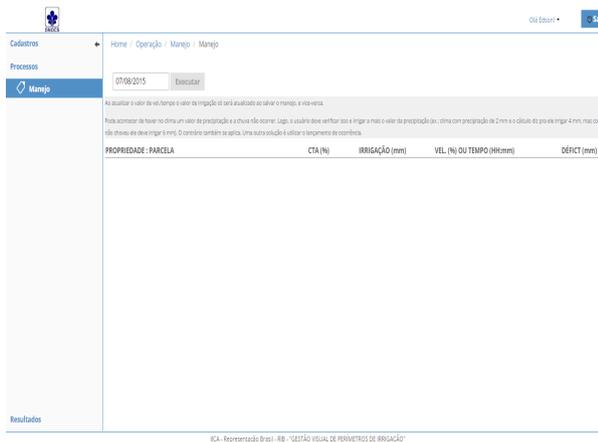


Figura 2. Resultado do manejo

A verificação da aplicabilidade do *software* IntecPerímetro® no manejo da irrigação foi realizado por meio do monitoramento da umidade do solo com uso do forno micro-ondas. Para tanto, foram retiradas amostras de solo em três pontos do pivô central, seguindo a profundidade predominante do sistema radicular da cultura após cada irrigação para determinação da umidade. Foi comparada a umidade do solo quando o irrigante utilizou o *software* para determinação da lâmina de irrigação que equivale à umidade referente à capacidade de campo (CC) com a umidade do solo obtida utilizando o forno micro-ondas, por meio de dados pareados, utilizando o teste “t” de Student ao nível de probabilidade de 5%. Durante o período de condução dos testes, foram acompanhadas também as irrigações realizadas, o tempo de funcionamento do equipamento de irrigação e as chuvas ocorridas. Foi utilizado mesmo teste para comparação de médias entre os valores de lâmina de irrigação e o tempo de funcionamento do equipamento de irrigação calculado pelo *software* e praticado pelo irrigante em cada estágio de desenvolvimento da cultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os perfis de distribuição das lâminas coletadas em relação à lâmina média ponderada ao longo do raio do pivô central avaliada e seus respectivos valores de CUC e CUD estão apresentados na Figura 3.

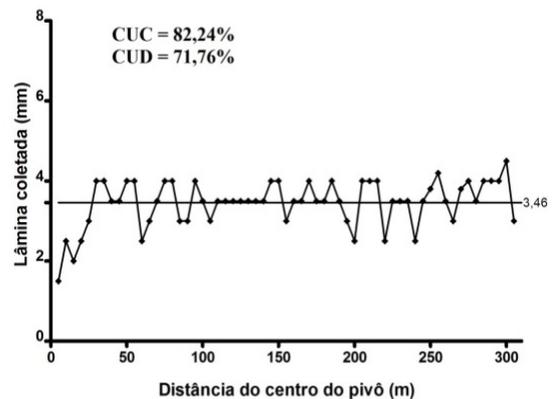


Figura 3. Perfil de distribuição das lâminas coletadas e média ao logo do pivô avaliado.

O valor de CUC, conforme citado por Bernardo *et al.* (2008), encontra-se abaixo do recomendando para o sistema de irrigação por pivô central, que consideram apropriados acima de 90%, quando se cultiva uma cultura com alto valor comercial. Os valores de CUC abaixo do recomendado podem ser explicados pela falta de manutenção do sistema, verificação da pressão de serviço e manutenção dos emissores.

A lâmina de irrigação calculada pelo *software* para o ciclo da cultura foi de 390,70 mm, 28,3% menor que lâmina praticada pelo irrigante, correspondendo ao excesso de irrigação de 41,78 mm. Mantovani *et al.* (2012), utilizando o *software* IRRIPLUS, obtiveram valor de lâmina de irrigação para cultura do feijão em Cristalina-GO de 379,65 mm, que apresenta condições climáticas semelhantes ao local do presente estudo. É oportuno ressaltar que o *software* IRRIPLUS difere do IntecPerímetro®, pois utiliza a metodologia de cálculo da ET_0 proposta por Penman-Monteith enquanto que o *software* IntecPerímetro® utiliza a equação Hargreaves-Samani, a qual tende a superestimar o valor da ET_0 . Apesar disso os valores de lâmina de irrigação obtidos se mantiveram próximos.

Vicente *et al.* (2014) e Cunha *et al.* (2013), comparando os métodos de estimativa da evapotranspiração por meio das equações propostas por Penman-Monteith-FAO e Hargreaves-Samani, concluíram que o método de Hargreaves-Samani tende a superestimar os valores de ET_0 , necessitando de ajustes na equação para apresentar melhores resultados. França Neto *et al.* (2011), em seu estudo comparando a ET_0 de dois métodos simplificados, Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle-FAO, com o método Penman-Monteith-FAO, concluíram que, para todas as localidades estudadas, a equação de Hargreaves-Samani se ajustou melhor à equação de Penman-Monteith, sendo essa a recomendável para o manejo da irrigação em condições limitadas de disponibilidade de dados climáticos.

A lâmina de irrigação média (Figura 4) praticada pelo irrigante no estágio inicial diferiu estatisticamente da lâmina média calculada utilizando o *software*, havendo um excesso de lâmina de irrigação de 64% representado por 54,4 mm, e ao final do ciclo houve uma redução de quase 10% da lâmina de irrigação aplicada pelo irrigante (73,3 mm).

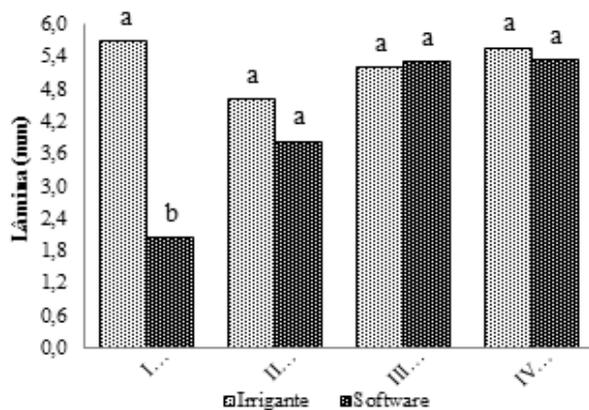


Figura 4. Valores médios de lâmina de irrigação para cada fase da cultura executado pelo irrigante e calculado pelo *software*. As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste “t” de Student ao nível de 5% de probabilidade.

Miranda *et al.* (2014), utilizando o *software* STELLA para o manejo da irrigação na cultura do meloeiro, que também utiliza a equação proposta por Hargreaves-Samani para o cálculo da ET_0 ,

obtiveram valor de lâmina total aplicada durante todo o ciclo da cultura de 346,49 mm. Os autores observaram que na fase I, as irrigações realizadas pelo irrigante foram menores e, nas fases seguintes, maiores. No entanto, o modelo demonstra a necessidade da aplicação de lâminas de irrigação maiores, tendo em vista a demanda hídrica exigida pela cultura. Na Figura 4, observa-se que o irrigante aplicou lâminas de irrigações superiores a calculada pelo *software* IntecPerímetro® para as fases I e II, e para as fases III e IV aplicou lâminas inferiores. Isso está atrelado principalmente ao não conhecimento da necessidade hídrica da cultura em suas diferentes fases de desenvolvimento.

Os valores médios de tempo de irrigação total (Figura 5) realizado pelo irrigante foram menores, devido aos horários de bandeira verde, não ultrapassando às 10 horas disponíveis diariamente, proporcionando, dessa forma, uma redução de 15,75% no tempo total de funcionamento do equipamento de irrigação. Como o irrigante não podia ultrapassar esse tempo disponível, em muitas situações o pivô não realizava uma volta completa, mas a parte irrigada recebia a lâmina média correspondente àquela proposta pelo irrigante, devido à esse fato, não se pode associar o tempo de funcionamento do equipamento com a lâmina média de irrigação ocorrida.

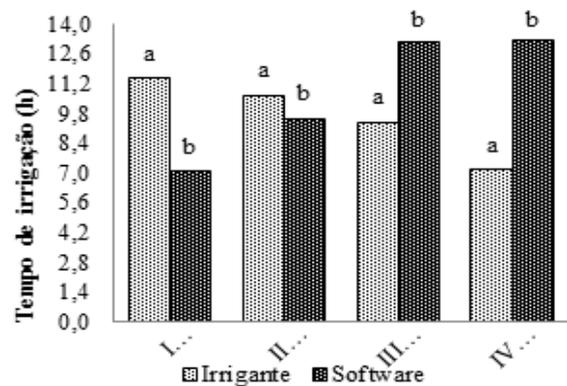


Figura 5. Valores médios de tempo de irrigação para cada fase da cultura executado pelo irrigante e calculado pelo *software* para cultura do feijoeiro. As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste “t” de Student ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 6, considerando que a umidade do solo encontrava-se na capacidade de campo e que a capacidade real de água no solo para esse solo é de 12,98 mm, constata-se que, para o estágio inicial da cultura, a lâmina de irrigação aplicada durante 80% do tempo (12 dias), foi superior a necessária, com valor médio de 4,92 mm, caracterizando irrigações excessivas. No restante do tempo, 20% (3 dias), não houve aplicação de lâmina de irrigação, no entanto por não ultrapassar a umidade crítica, não acometeu o solo ao déficit hídrico.

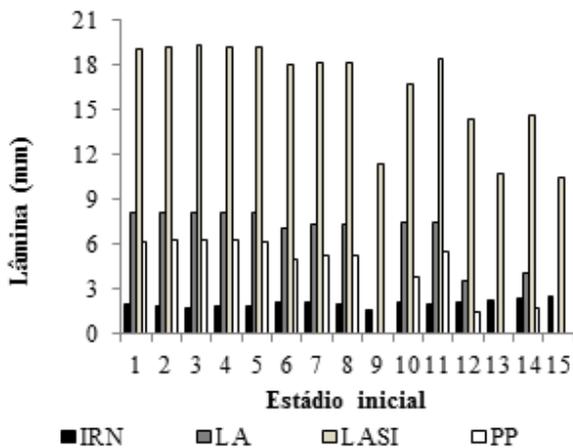


Figura 6. Irrigação total necessária (ITN) calculada pelo *software*, lâmina aplicada pelo irrigante (LA), lâmina de água no solo após a irrigação (LASI) e perda por percolação (PP) para o estágio inicial da cultura do feijoeiro.

Para o estágio de desenvolvimento (Figura 7), observar-se que, em 60% do tempo (15 dias), dentre os quais 2 dias não houve irrigação por parte do irrigante, a lâmina aplicada foi menor que a necessária. No tempo remanescente, 32% (8 dias), a lâmina de irrigação foi maior que a necessária, ocasionando perdas por percolação, com valor médio de 2,42 mm.

Na Figura 8, evidencia-se que, para o estágio intermediário da cultura, em 14% do tempo (5 dias), a lâmina de irrigação foi maior que a necessária, caracterizando perdas por percolação, com valor médio de 0,64 mm. No restante do tempo, 85% (30 dias), as irrigações foram menores que a lâmina necessária para elevar a umidade solo até a capacidade de campo, não havendo déficit.

Para o estágio final da cultura (Figura 9), constata-se que, em 13% do tempo (2 dias), a lâmina aplicada foi superior à necessária, caracterizando irrigações excessivas, com valor médio de 1,63 mm. Nesse estágio houve déficit de água no solo em apenas um dia, com valor de 1,4 mm. No restante do tempo 80% (12 dias), as irrigações se mantiveram no intervalo entre a umidade referente ao fator de disponibilidade hídrica e a capacidade de campo, não caracterizando dessa forma déficit de água no solo.

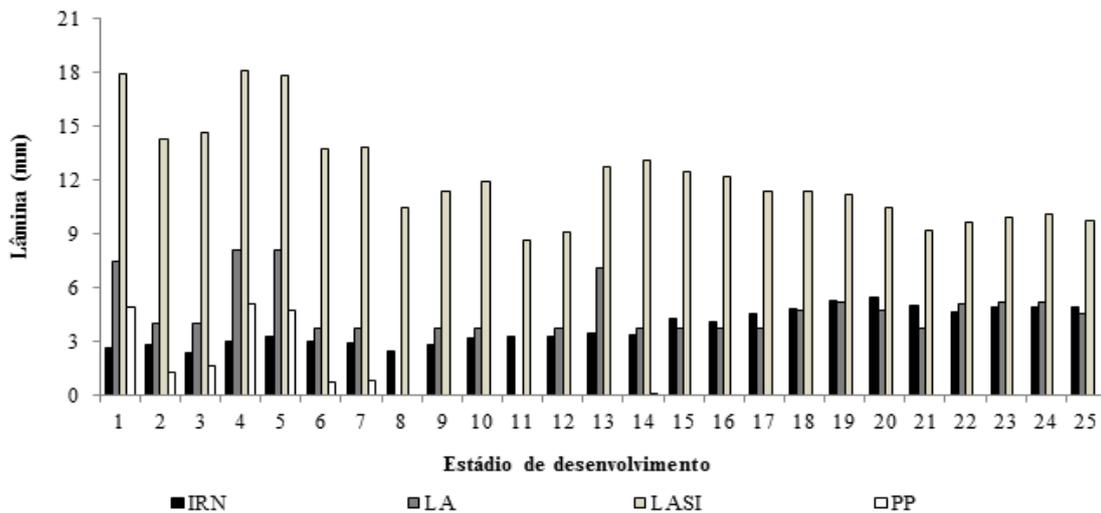


Figura 7. Irrigação real necessária (IRN) calculada pelo *software*, lâmina aplicada pelo irrigante (LA), lâmina de água no solo após a irrigação (LASI) e perda por percolação (PP) para o estágio de desenvolvimento vegetativo da cultura.

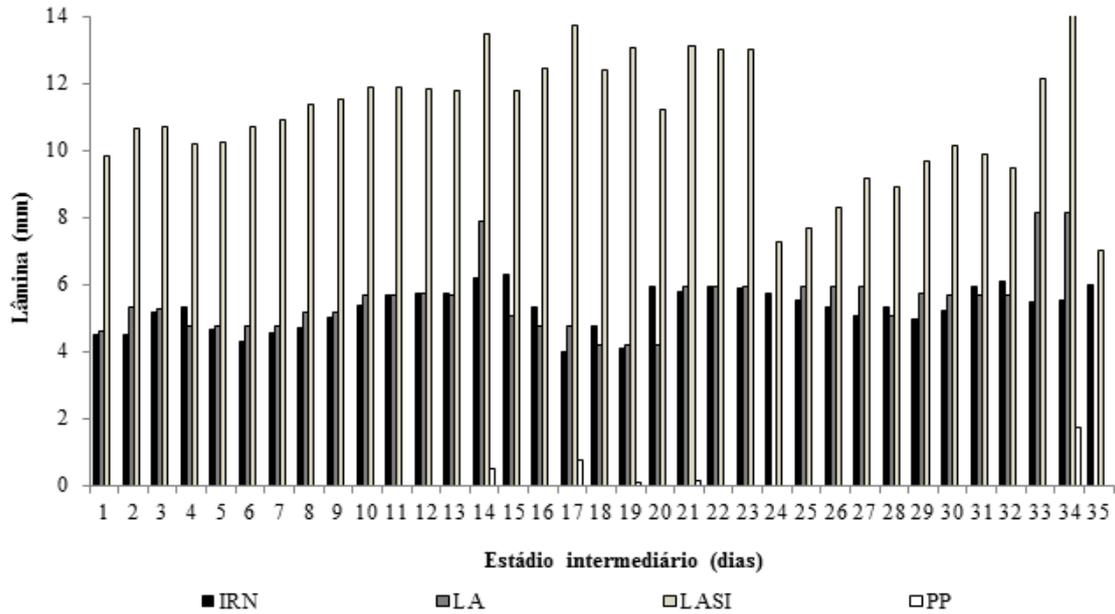


Figura 8. Irrigação rela necessária (IRN) calculada pelo *software*, lâmina aplicada pelo irrigante (LA), lâmina de água no solo após a irrigação (LASI) e perda por percolação (PP) para o estágio intermediário da cultura.

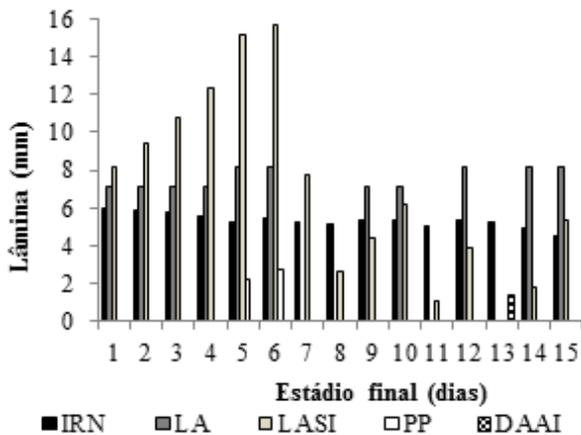


Figura 9. Irrigação real necessária (IRN) calculada pelo *software*, lâmina aplicada pelo irrigante (LA), lâmina de água no solo após a irrigação (LASI), perda por percolação (PP) e déficit de água no solo após cada irrigação (DAAI) para o estágio final da cultura.

Logo, a partir dos resultados demonstrados nas figuras apresentadas anteriormente, verifica-se que houve excesso de irrigação para os estádios I, II

e III, e déficit apenas no estágio IV. É importante salientar que mesmo o irrigante utilizando o *software* na realização do manejo, o mesmo ainda tinha autonomia para realizar mudanças quanto ao valor da lâmina de aplicação, mesmo assim, os valores médios de excesso e déficit de irrigação quando utilizando o *software* foram baixos e ocorreram em curtos espaços de tempo.

Visando avaliar a eficiência do *software* IntecPerímetro® no manejo da irrigação, após cada irrigação realizada pelo irrigante por meio do uso do *software*, foi determinada a umidade do solo pelo método do forno micro-ondas. Sendo que o produtor obedeceu as recomendações propostas pelo software apenas nas fases II e III. O comportamento da umidade executada pelo irrigante utilizando o *software* e a obtida pelo forno micro-ondas ao longo dos dias pode ser observada na Figura 10. Verificou-se que não houve diferença significativa entre a umidade do solo estimada pelo *software* e a umidade obtida em campo pelo método do forno micro-ondas.

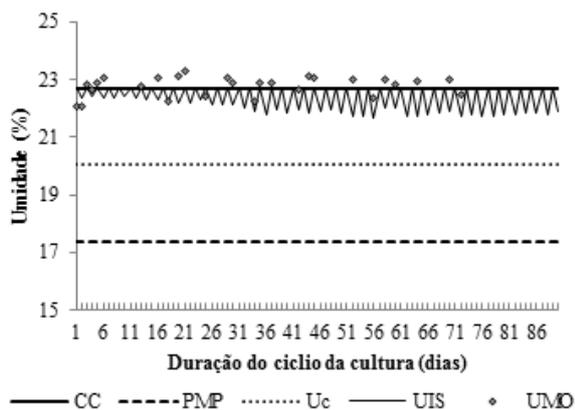


Figura 10. Capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PM), umidade crítica (UC), umidade irrigante por meio *software* (UIS) e umidade obtida pelo forno micro-ondas (UMO).

A obtenção da umidade do solo utilizando o forno micro-ondas apresentou bons resultados quando comparado com o método padrão de estufa, não apresentando diferenças significativas entre as metodologias. Estimativa da umidade do solo pelo forno micro-ondas é uma metodologia confiável e que pode ser facilmente utilizada no manejo da irrigação (TAVARES *et al.*, 2008). Conforme Vinholis *et al.* (2008) essa técnica ganha destaque devido principalmente o impacto gerado no aspecto econômico, pois tem efeito direto na redução com os gastos com energia, aumento do rendimento e precisão das análises e otimização da mão de obra.

CONCLUSÕES

- A lâmina média de irrigação calculada pelo *software* IntecPerímetro® foi menor que a praticada pelo irrigante, apresentado um potencial de economia médio de água de 28,3%;
- Nas fases I, II e IV as lâminas média de irrigação praticadas pelo irrigante foram de 64, 17 e 4% superiores às calculadas pelo *software*, respectivamente, e 2% inferior ao calculado na fase III;
- Os valores de umidades obtidas em campo pelo método do forno micro-ondas não diferiram estatisticamente da umidade referente à lâmina

de irrigação executada pelo irrigante quando utilizando *software* IntecPerímetro®.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L.M.G. **Uso Optimal do Território de Bacia Hidrográfica com fundamentos no conceito de Geociências Agrárias e Ambientais - Bacia do Ribeirão de Entre-Ribeiros no vale do Rio Paracatu.** 2007. 203f. Dissertação de Mestrado. UFOP, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Ouro Preto, 2007.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação.** 8. ed.2º Reimpressão. Viçosa: UFV, 2008, 596p.

CUNHA, F.F.; MAGALHAES, F.F.; CASTRO, M.A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul-MS. **Engenharia na Agricultura**, v.21, n.2, p.159-172, 2013.

DANTAS NETO, F.S.; COSTA, J.M.N.; SOARES A.A.; SEDIYAMA, G.S.; COSTA L.C. Sistema computacional aplicado ao cálculo da demanda hídrica georeferenciada para a cultura do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.215-221, 2005.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos.** Roma, FAO, 1979, 212p.

FRANÇA NETO, A.D.; MANTOVANI, E.C.; VICENTE, M.R.; VIEIRA, G.H.S.; SEDIYAMA, G.C.; LEAL, B.G. Comparação entre métodos simplificados de estimativa da evapotranspiração de referência (ET0) para regiões produtoras de café brasileiras. **Coffee Science**, v.6, n.2, p.159-171, 2011.

FREITAS, P.S.L.; REZENDE, R.; MANTOVANI, E.C.; FRIZZONE, J.A. Viabilidade de inserção dos efeitos da uniformidade de irrigação em modelos de crescimento de culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.437-444, 2003.

- HAMDY, A. **Water use efficiency in irrigated agriculture: An analytical review.** In: LAMADDALENA, N.; SHATANAWI, M.; TODOROVIC, M.; BOGLIOTTI, C.; ALBRIZIO, R. (Eds.), *Water Use Efficiency and Water Productivity. Proceedings of 4th WASAMED Workshop. Amman (Jordan), Options Méditerranéennes, Series B, n° 57, p.9-19, 2007.*
- HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**, v.1, n.2, p.96-99, 1985.
- JALOTA, S.K.; SOOD, A.G.B.S.; CHAHAL, B.U. Crop water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) - wheat (*Triticumaestivum* L.) system as influenced by deficit irrigation, soil texture and precipitation. **Agricultural Water Management**, v.84, n.1, p.137-146, 2006.
- KISI, O. Evapotranspiration modeling using a wavelet regression model. **Irrigation Science**, v.29, n.2, p.241-252, 2011.
- LÓPEZ-MATA, E.; TARJUELLO, J.M.; JUAN, J.A.; BALLESTEROS, R.; Domínguez, A. Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. **Agricultural Water Management**, v.98, n.1, p.190-198, 2010.
- MANTOVANI, E.C.; MONTES, D.R.P.; VIEIRA, G.H.S.; RAMOS, M.M.; SOARES, A.A. Estimativa de produtividade da cultura do feijão irrigado em cristalina-go, para diferentes lâminas de irrigação como função da uniformidade de aplicação. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.1, p.110-120, 2012.
- MIRANDA, E.P.; SILVA, N.S.; SOUZA L.P.; SANTOS, J.B.; ROMÁN, R.M.S. Uso do programa Stella no manejo da irrigação do meloeiro. **Irriga**, v.19, Edição Especial, p.159-167, 2014.
- MORAES, M.J.; OLIVEIRA FILHO, D.; VIEIRA, G.H.S.; SCARCELLI, R.O.C. Gerenciamento do lado da demanda no bombeamento de água para perímetro irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.9, p.875-882, 2011.
- PEREIRA, L.S.; PAREDES, P.; EHOLPANKULOV, E.D.; INCHENKOVA, O.P.; TEODORO, P.R.; HORST, M.G. Irrigation scheduling strategies for cotton to cope with water scarcity in the Fergana Valley, Central Asia. **Agricultural Water Management**, v.96, n.5, p.723-735, 2009.
- SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; SCARCELLI, R.O.; OLIVEIRA FILHO, D.; RIBEIRO, M.C.; LOPES, D.C. Economia de energia com uso de inversor de frequência em sistemas de bombeamento de água para perímetro irrigado. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.17, n.6, p.462-472, 2009.
- SEAPA-MG. CONSÓRCIO MAGNA/DAM/EYSER, RURALMINAS. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paracatu.** PLANPAR. Relatório Síntese. Minas Gerais, 1998, 135p.
- TAVARES, M.H.F.; CARDOSO, D.L.; GENTELINI D. P.; FILHO, A.G.; KONOPATSKI, E.A. Uso do forno de microondas na determinação da umidade em diferentes tipos de solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.3, p.529-538, 2008.
- VICENTE, M.R.; SANTOS, J.A.; SANTOS, R.M.; LEITE, C.V. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para o vale do Jequitinhonha. **Global Science and Technology**, v.7, n.2, p.106-118, 2014.
- VINHOLIS, M.M.B.; SOUZA, G.B.; NOGUEIRA, A.R.A.; PRIMAVESI, O. Uso do microondas doméstico para determinação de matéria seca e do teor de água em solos e plantas: avaliação econômica, social e ambiental. **Custos e Agronegócio On Line**, v.4, n.2, p.80-97, 2008.