

## MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO PARA VERIFICAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO EM CAFEIROS PODADOS

Myriane S. SCALCO<sup>2</sup>, Alberto. COLOMBO<sup>3</sup>, Livia A. ALVARENGA<sup>4</sup>, Rubens, J. GUIMARÃES<sup>5</sup>, Wezer L. Miranda<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D/Café e CNPq

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma doutora em Fitotecnia, DAG/UFLA, Telef. (35) 3829-1776, e-mail: [msscalco@ufla.br](mailto:msscalco@ufla.br)

<sup>3</sup> Professor Adjunto, PhD, DEG/UFLA, Telef. (35) 3829-1388, e-mail: [acolombo@ufla.br](mailto:acolombo@ufla.br)

<sup>4</sup> Estudante de Eng, Agrícola UFLA, bols. IC CNPq, Telef. (35) 9807-0586, e-mail: [liviaalvesalvarenga@yahoo.com.br](mailto:liviaalvesalvarenga@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Professor Associado, doutor, DAG/UFLA, Telef. (35) 3829-1581, e-mail: [rubensjg@ufla.br](mailto:rubensjg@ufla.br)

<sup>6</sup> Bolsista de Desenvolvimento CBP&D/café, Telef. (35) 3821-1320, e-mail: [wmlismar@yahoo.com.br](mailto:wmlismar@yahoo.com.br)

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi verificar a adequação de uma estratégia de manejo da irrigação de cafeeiros através do monitoramento da umidade do solo de lavouras cafeeiras irrigadas. Cafeeiros, da cultivar “Rubi”- MG-1192, foram plantados em 03/01/01 em área experimental da Universidade Federal de Lavras – MG com três espaçamentos; 4,0 x 1,0m (2 500 plantas ha<sup>-1</sup>), 3,0 x 1,0m (3 333 plantas ha<sup>-1</sup>), 2,0 x 1,0m (5 000 plantas ha<sup>-1</sup>). Um sistema de irrigação por gotejamento com uma linha lateral por linha de plantio foi utilizado. Gotejadores autocompensantes, com vazão de 3,74 L/s foram instalados com um espaçamento uniforme de 0,4m ao longo das linhas laterais. Estas parcelas foram irrigadas de três vezes por semana (segundas, quartas e sexta-feiras) com lâminas calculadas com a ajuda do aplicativo computacional IRRIPLUS®. No período compreendido entre o plantio e Agosto de 2007, no balanço hídrico efetuado pelo IRRIPLUS, foram considerados diferentes valores de coeficiente de cultura (Kc) em função das diferenças observadas no desenvolvimento das plantas e na densidade de plantio. Ao final de Agosto de 2007, após a poda por esqueletamento (1,40m) e decote (0,40m do caule) de todas as plantas, foram instalados tensiômetros, nas profundidades de 0,10; 0,25; 0,40 e 0,60 m, para monitoramento da umidade nas três densidades de plantio. Desde setembro de 2007, estas parcelas tem sido irrigadas com um valor único de coeficiente de cultura (Kc=0,75). Objetivando avaliar a adequabilidade desta estratégia de manejo, antes das irrigações, as leituras dos tensiômetros foram registradas para posterior cálculo da “verdadeira lâmina de irrigação”. Em cada espaçamento de plantio, a análise de 29 diferenças observadas entre Setembro de 2007 e fevereiro de 2008 permitiu concluir que: (i) para o espaçamento de 4,0 x 1,0 m, a lâmina total aplicada pelo balanço hídrico foi superior àquela estimada pelos valores de tensão da água no solo indicando que o valor adotado de Kc = 0,75 foi superestimado no período monitorado; (ii) para o espaçamento de 3,0 x 1,0m, a lâmina total aplicada pelo balanço hídrico próxima àquela estimada pelos valores de tensão de água no solo, indicando que o valor adotado de Kc=0,75 foi adequado para o período monitorado; (iii) para o espaçamento de 2,0 x 1,0m a lâmina total aplicada pelo balanço hídrico foi inferior àquela estimada pelos valores de tensão de água no solo, indicando que o valor adotado de Kc = 0,75 foi subestimado durante o período monitorado.

**Palavras-chave:** irrigação, café, tensão de água no solo, densidade de plantio.

## SOIL WATER MONITORING FOR ADEQUACY VERIFICATION OF TRIMMED COFFEE TREE IRRIGATION MANAGEMENT

**ABSTRACT:** The objective of this study was to verify the adequacy of a coffee irrigation management strategy by means of monitoring soil water moisture content in irrigated coffee fields. Coffee, cv “Ruby” - MG-1192, was planted on 03/01/01, at an experimental area of the Universidade Federal de Lavras– MG, with three different spacings: 4.0 x 1.0m (2 500 plants ha<sup>-1</sup>), 3.0 x 1.0m (3 333 plants ha<sup>-1</sup>), and 2.0 x 1.0m (5 000 plants ha<sup>-1</sup>). A drip irrigation system with a lateral line at each planting line was used. Pressure compensating emitters, with a 3.78L/h discharge, were uniformly installed spaced by 0.4m along lateral lines. These parcels were irrigated three times per week (Mondays, Wednesdays and Fridays) with irrigation depths computed with the help of the IRRIPLUS® software. From the time of planting up to August 2007, IRRIPLUS® water balance was computed considering different crop coefficient values (Kc) according to observed differences on plant age and planting densities. At the end of August 2007, after pruning all parcel plants (1.4m high and 0.4m branches), tensiometers were installed, at depths of 0.10; 0.25; 0.40 and 0.60 m at parcels representing each one of the three different spacings. Since September 2007, those parcels have been irrigated based on a single Kc value (Kc=0.75). In order to evaluate this strategy adequacy, before each irrigation the readings of all tensiometers were registered for further computation of the “true irrigation water depth” for each spacing. The analysis of 29 differences among irrigation water depth estimates, observed from September 2007 to February 2008 on each spacing, allowed the following conclusions: (i) for the 4.0 x 1.0 m spacing, the total applied depth computed through the water balance was greater than the one computed based on tensiometer readings, indicating that the adopted Kc value of 0.75 was too high for the monitored period; (ii) for the 3.0 x 1.0m spacing, the total applied depth computed through the water balance was very close to the one computed based on tensiometer readings, indicating that the Kc value of 0.75 was adequate for the monitored period and; (iii) for the 2.0 x 1.0m spacing, the total applied depth computed through the water balance was lower than the one computed based on tensiometer readings, indicating that the Kc value of 0.75 was too low for the monitored period.

**Key words:** irrigation, coffee, soil water tension, planting density.

## INTRODUÇÃO

A necessidade de irrigação pelo cafeeiro, para definição adequada da lâmina a ser aplicada, tem sido quantificada pelo uso de variáveis climatológicas e métodos relativos ao comportamento da umidade do solo, além de outros. Segundo Almeida (1993), de todos os elementos meteorológicos, a precipitação pluvial é a que mais afeta a produção agrícola, em face de sua grande variabilidade tanto em duração como em tempo de ocorrência. Porém, para prover as disponibilidades hídricas no solo necessárias à agricultura, não basta considerar somente os dados pluviométricos do período. Estes correspondem apenas ao processo de suprimento de água no solo para uso das plantas. É necessário considerar também o processo oposto, ou seja, a perda de água do solo para a atmosfera devido à evapotranspiração, fazendo-se o balanço hídrico no solo. Com o aumento de lavouras cafeeiras irrigadas, mesmo em regiões consideradas aptas quanto ao déficit hídrico, a demanda hídrica do cafeeiro tem sido estimada para as mais diversas condições climáticas, nas quais a cafeicultura vem sendo implantada. No entanto, estudos dessa natureza devem levar em consideração as peculiaridades micrometeorológicas introduzidas pela configuração geométrica de plantio, considerando-se além das variáveis climáticas passíveis de interferência também àquelas que se relacionam ao aproveitamento da água do solo. Marin (2003) relata que adicionalmente, um aspecto que deve ser mencionado nestes estudos é a partição da evapotranspiração em seus componentes, a transpiração e a evapotranspiração da entrelinha, como base para um manejo mais adequado da irrigação. Já, o manejo de irrigação via solo considera a umidade do solo onde o sistema radicular da cultura está se desenvolvendo e pode ser feito usando tensiômetros, mas requerem manutenção adequada e freqüente. Na instalação de tensiômetros, ou qualquer outro instrumento de medição ou estimativa da umidade do solo, deve-se escolher cuidadosamente o local de implantação, pois esses aparelhos refletem medidas pontuais (PIRES et al., 2001). A localização dos sensores de tensão, pontos de emissores e planta é de extrema importância para o adequado manejo da água de irrigação. Coelho et al. (1995) afirmaram que o local de monitoramento do estado da água no solo, para gotejador instalado na superfície do solo, corresponde às profundidades de 0,1 a 0,4 m, e distâncias radiais do gotejador maiores que 0,1 m. O monitoramento da umidade do solo durante o manejo da irrigação deve abranger o maior número de pontos possíveis dentro do limite de distribuição da água de irrigação que é dado em função dos sistemas empregado. Portanto, a pesquisa concernente ao manejo da irrigação, seja pelo balanço climatológico, seja pelo balanço de água do solo deve estabelecer inter-relações entre as variáveis utilizadas que consolidem o uso de um ou de outro método e que permitam a estimativa de parâmetros específicos de cada um. Sato et al (2007) ponderam que para alcançar o limite máximo de produção de uma cultura, é necessário haver consonância entre os aspectos de engenharia de suprimento de água e plena satisfação das suas necessidades biológicas. O manejo da irrigação pelo balanço hídrico e métodos derivados, têm sido amplamente utilizados em lavouras cafeeiras irrigadas. Este tipo de manejo para sistemas de irrigação por gotejamento viabiliza o uso de irrigações mais freqüentes de forma a manter a umidade do solo próxima a capacidade de campo. Segundo Souza (1999), o manejo da irrigação com aplicações freqüentes condiciona o solo a manter-se com teor adequado de água, favorecendo o desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, possibilitando maior produtividade. Porém, em alguns casos, dependendo da grandeza dos valores utilizados e que definem as variáveis envolvidas no cálculo da lâmina de reposição, esta pode ser sub ou superestimada. Segundo Guandique (1993), o balanço hídrico pode ser realizado por meio de uma série de dados climatológicos disponíveis em um local, como também por meio de dados obtidos num volume de controle no solo, assim referindo-se aos balanços hídricos climatológicos e no solo, respectivamente. A aplicação de um determinado manejo de irrigação, no processo final implica em economia de água e energia, conseqüentemente, na sustentabilidade de implantação de sistemas de produção de cafeeiros irrigados e no sucesso do agronegócio café. O objetivo deste trabalho foi monitorar a umidade do solo em lavouras cafeeiras sob diferentes espaçamentos, através do valor correspondente de tensão da água em diferentes profundidades, para verificação da adequação do manejo de irrigação pelo método do balanço hídrico calculado pelo aplicativo Irriplus utilizando turnos fixos de irrigação de três vezes por semana.

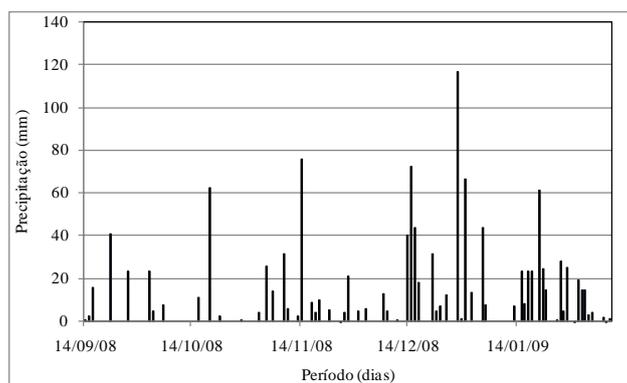
## MATERIAIS E MÉTODOS

O plantio do cafeeiro, cultivar “Rubi” - MG-1192, foi realizado em 03/01/01 em área experimental da Universidade Federal de Lavras – MG, em Latossolo Vermelho escuro distroférrico, textura argilosa. O monitoramento da umidade foi realizado nos espaçamentos 4,0 x 1,0m (2 500 plantas ha<sup>-1</sup>), 3,0 x 1,0m (3 333 plantas ha<sup>-1</sup>), 2,0 x 1,0m (5 000 plantas ha<sup>-1</sup>) com manejo das irrigações pelo balanço hídrico – IRRIPLUS®. Os dados climáticos inseridos no programa para cálculo da evapotranspiração pelo método de Penman Monteith (ALLEN, 1998) foram monitorados diariamente utilizando-se uma estação meteorológica automática µMetos® instalada na área experimental. Após poda por esqueletamento e decote, ocorrida em agosto de 2007, foi aplicado um valor fixo de Kc de 0,75 para todas os espaçamentos de plantio que se manteve constante até o final do período de avaliação. O decote foi realizado a 1,40 metros de altura e o esqueletamento a 0,40 m do caule. O monitoramento da umidade do solo, considerando a profundidade efetiva do sistema radicular foi realizado por meio de tensiômetros instalados nas profundidades de 0,10; 0,25; 0,40 e 0,60 m. As leituras dos tensiômetros, registradas por um tensímetro de punção digital foram realizadas nos

mesmos dias (segunda, quarta e sexta-feira) em que foram realizadas as irrigações pelo método do balanço hídrico – IRRIPLUS®. Para cálculo das lâminas aplicadas com base nas tensões registradas nas três profundidades durante as irrigações realizadas pelo manejo do balanço hídrico utilizou-se a equação:  $LL = (\theta_{cci} - \theta_{atuail}) \cdot z \cdot f \cdot Ei$ , onde:  $LL$ : lâmina líquida de irrigação (mm);  $\theta_{cci}$ : umidade na capacidade de campo para as camadas consideradas ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );  $\theta_{atuail}$ : umidade no momento de irrigar para as profundidades consideradas ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );  $z$ : profundidade efetiva do sistema radicular (cm) considerada de 0,60 m;  $f$ : fração de área molhada (%) determinada tendo como parâmetro a largura do bulbo molhado obtida por um teste para o solo utilizado e que foi de 0,6m dividida pelo espaçamento entre linhas de planta. Os valores encontrados foram de 0,15 para o espaçamento de 4,0 x 1,0m, de 0,20 para o 3,0 x 1,0m e de 0,30 para o de 2,0x1,0m; e  $Ei$  a eficiência do sistema de irrigação, determinada através do teste para determinação da uniformidade de distribuição de água do sistema de gotejamento empregado e que foi de 0,90 coincidente com o valor de eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação localizada de 90% indicado por Bernardo (2005). Para comparação entre lâminas aplicadas pelo método do balanço hídrico e as que seriam aplicadas pelos correspondentes valores de tensão de água no solo para o mesmo tratamento considerou-se apenas os dias em que foram feitas irrigações pelo primeiro método o que resultou na avaliação de 29 irrigações e medidas de tensão correspondentes. Os tratos culturais foram os recomendados para a cultura irrigada e a adubação, via fertirrigação, em quatro parcelamentos na época das águas (novembro a março) é feita com base em análise de fertilidade e foliar, seguindo as recomendações de Guimarães (1999) para o cafeeiro, as recomendações de Malavolta e Moreira (1997) e corrigidas para a cultura irrigada segundo recomendações de Santinato e Fernandes (2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

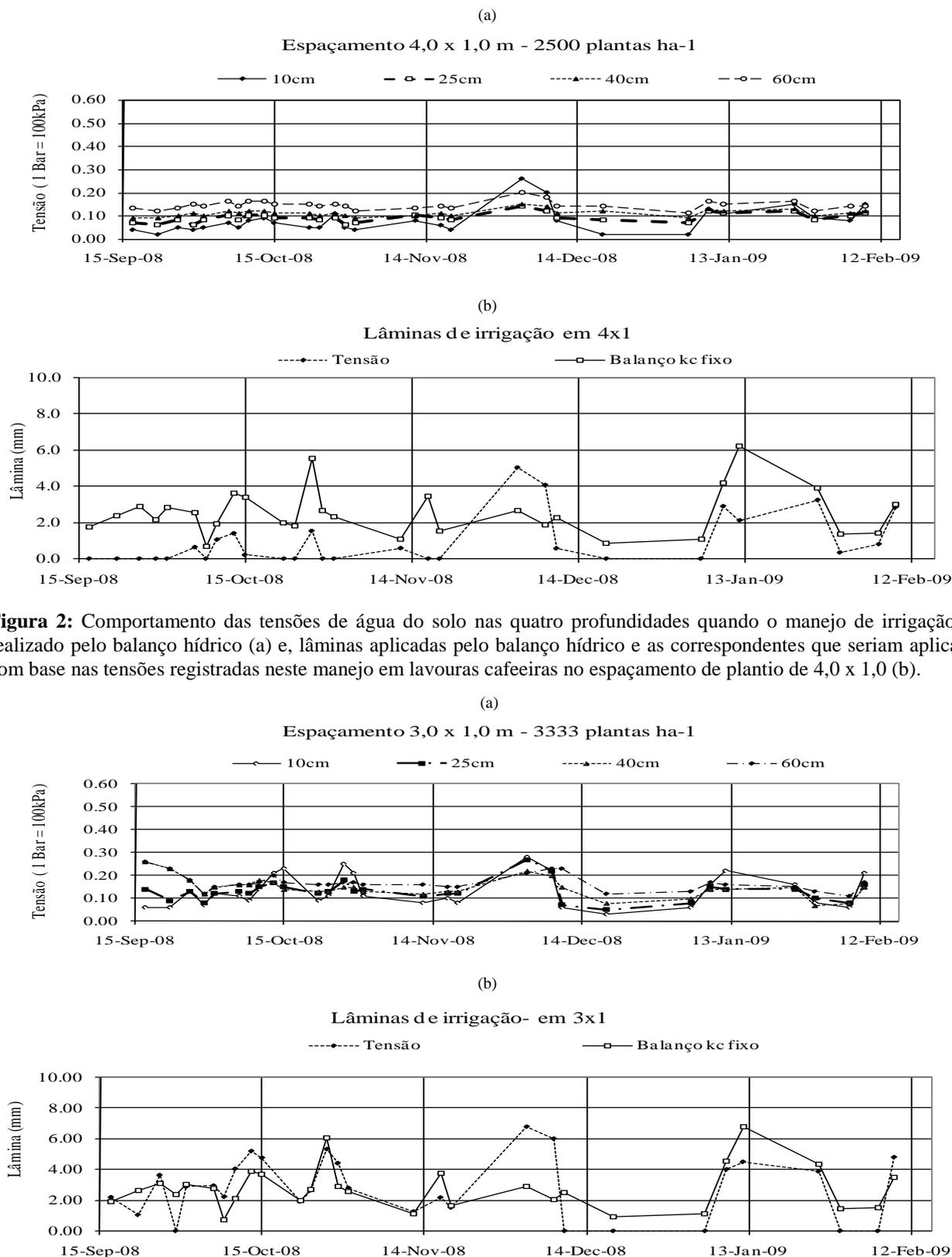
A distribuição pluviométrica registrada durante o período (Figura 1) indicou que a precipitação total ocorrida durante o período de avaliação foi de 1232,31 mm. A maior concentração de chuvas ocorreu no período correspondente a 14/012 a 14/09 como indicado nos gráficos da Figura 1 e foi de 489,8 mm. Conseqüentemente para o mesmo período observou-se uma redução nos valores de tensão de umidade do solo (Figura 2a, 2b e 2c) para as diferentes profundidades. O alto índice pluviométrico registrado neste período refletiu em redução nas lâminas de aplicação de água por irrigação pelo método do balanço hídrico e àquelas correspondentes às irrigações utilizando valores de tensão de água no solo (Figuras 3a, 3b e 3c).



**Figura 1:** Precipitação pluviométrica durante o período de avaliação.

Foram feitas 29 irrigações pelo método do balanço hídrico no período considerado. Os valores de tensão de água do solo com irrigações pelo balanço hídrico para o espaçamento de plantio de 4,0 x 1,0 m (Figura 2 a) apresentaram um comportamento semelhante em todas as profundidades para todo o período de avaliação. Esses valores situaram-se próximos ao valor de capacidade de campo (10 kPa) e abaixo de 20 kPa e, situaram-se próximos a umidade de saturação no período (14/12/08 a 14/01/09) em que o índice pluviométrico foi elevado (489,83 mm). As lâminas aplicadas pelo manejo do balanço hídrico neste espaçamento somaram um valor superior (73,7 mm) em relação ao que seria aplicado com base nos correspondentes valores de tensões de água no solo para este tratamento (27,4 mm). Esse comportamento ficou caracterizado ao longo do período (Figura 2b), quando se observou que caso as irrigações fossem feitas com base nos valores de tensão de água do solo as aplicações de água em cada irrigação seriam sempre inferiores, proporcionando uma redução significativa na quantidade de água aplicada e na frequência de irrigação. Apenas em algumas irrigações realizadas dentro do período de 14/11 a 14/12/08 esta situação se inverteu, pois as aplicações de água seriam superiores pelo critério da tensão, refletindo que as lâminas aplicadas pelo balanço hídrico neste período podem não ter sido suficientes para que o solo atingisse umidades próximas a capacidade de campo. Neste período observou-se um aumento nos valores de tensão da água do solo, especialmente na profundidade de 0,10 m. A precipitação registrada neste período foi de 160 mm. Das 29 irrigações feitas pelo balanço hídrico seriam realizadas 15 irrigações com base nas tensões de água do solo durante o mesmo período de avaliação, com lâminas médias de aplicação de 2,5 mm e 1,8 mm, respectivamente. No espaçamento de 3,0 x 1,0 m, verificou-se que os valores de tensão de água do solo para as quatro profundidades também se situaram em limites próximos ao da capacidade de campo (Figura 3a). Porém, em relação ao verificado no espaçamento de 4,0 x 1,0 m existe um maior número de picos em que a tensão chegou a limites acima de

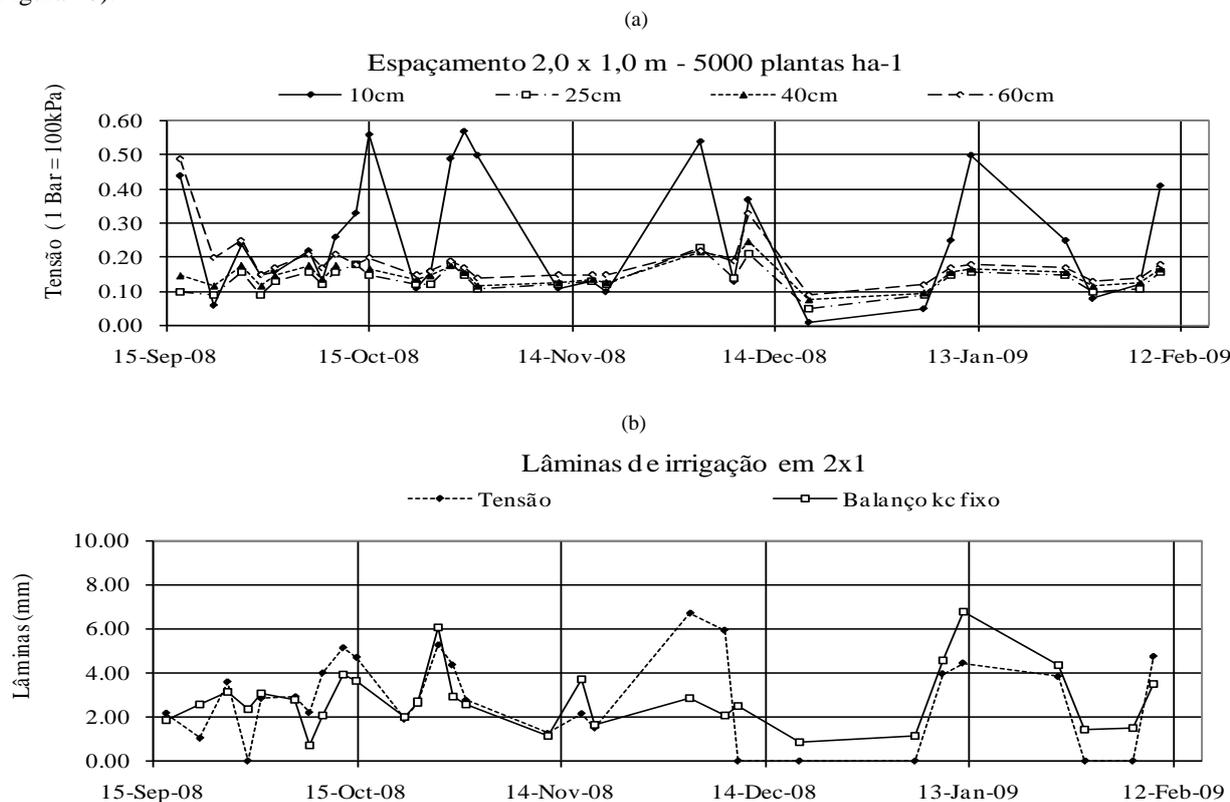
20 kPa. No espaçamento de 3,0 x 1,0 m (Figura 3b) a lâmina aplicada pelo balanço hídrico (81 mm) foi semelhante a que seria aplicada utilizando os valores de tensão registrados para este tratamento (80,7 mm). Do total de 29 irrigações realizadas pelo balanço hídrico seriam realizadas 15 irrigações com base nas tensões de água registradas neste tratamento, com lâminas médias de aplicações de 3,5 e 2,8mm, respectivamente.



**Figura 2:** Comportamento das tensões de água do solo nas quatro profundidades quando o manejo de irrigação foi realizado pelo balanço hídrico (a) e, lâminas aplicadas pelo balanço hídrico e as correspondentes que seriam aplicadas com base nas tensões registradas neste manejo em lavouras cafezeiras no espaçamento de plantio de 4,0 x 1,0 (b).

**Figura 3:** Comportamento das tensões de água do solo para quatro profundidades quando o manejo de irrigação foi realizado pelo balanço hídrico (a) e lâminas aplicadas pelo balanço hídrico e as correspondentes que seriam aplicadas com base nas tensões registradas neste manejo em lavouras cafeeiras no espaçamento de plantio de 3,0 x 1,0 (b).

Com a redução do espaçamento entre linhas de planta para dois metros, mantendo-se o mesmo espaçamento entre plantas na linha (Figura 4a) observou-se que os valores de tensão de água do solo à profundidade de 0,10 m ultrapassaram em grande parte do período de avaliação o valor de 50 kPa. Este comportamento pode ter contribuído para um aumento nos valores de lâminas que serão aplicadas caso o manejo fosse feito com base nas tensões registradas (Figura 4b).



**Figura 4:** Comportamento das tensões de água do solo para quatro profundidades quando o manejo de irrigação foi realizado pelo balanço hídrico (a) e lâminas aplicadas pelo balanço hídrico e as correspondentes que seriam aplicadas com base nas tensões registradas neste manejo em lavouras cafeeiras no espaçamento de plantio de 2,0 x 1,0 (b).

As lâminas totais e médias aplicadas pelo balanço hídrico em 29 irrigações, neste espaçamento, foram de 87,3 mm e 3 mm (três), enquanto que com base nas tensões registradas seria aplicada uma lâmina total de 114,3 mm e média de 4,4 mm, em 26 irrigações. Um comportamento praticamente inverso ao ocorrido no espaçamento de 4,0 x 1,0 m. Observou-se um comportamento diferenciado no monitoramento da umidade do solo para verificação da adequação do manejo de irrigação em cafeeiros podados sob diferentes espaçamentos. Assim, ficou constatado que a densidade de plantas na área pode definir um menor ou maior ajuste entre valores de lâminas aplicadas pelo balanço hídrico e valores de tensão de água no solo por ocasião destas aplicações. Esses resultados podem redefinir os parâmetros envolvidos no cálculo do manejo da irrigação em função das peculiaridades de cada sistema de produção do cafeeiro. Assim, com base neste comportamento, pode-se inferir que: (i) para o espaçamento tradicional de 4,0 x 1,0 m (2 500 plantas ha<sup>-1</sup>), no qual a lâmina total aplicada pelo balanço hídrico foi superior àquela estimada pelos valores correspondentes de tensão da água no solo, que o valor Kc de 0,75 adotado foi superestimado para o período; (ii) para o espaçamento de 3,0 x 1,0m (3 333 plantas ha<sup>-1</sup>), no qual a lâmina total aplicada pelo balanço hídrico foi igual àquela estimada pelos valores correspondentes de tensão de água no solo, que o valor de Kc de 0,75 foi adequado para o período e; (iii) para o espaçamento de 2,0 x 1,0m (5 000 plantas ha<sup>-1</sup>) no qual a lâmina total aplicada pelo balanço hídrico foi inferior àquela estimada pelos valores correspondentes de tensão de água no solo, que o valor de Kc de 0,75 foi subestimado para o período. Sato et al. (2007) relatam sobre o comportamento do teor de água do solo nas camadas de 0-20, 20 a 40 e 40 a 60 cm em lavoura cafeeira no espaçamento de 3,5 x 0,80m, irrigada pelo balanço climatológico, três vezes por semana. Para meses considerados secos os autores afirmam que os valores de umidade encontrados são característicos de elevados potenciais mátricos da água no solo e suficientes para garantirem condições de suprimento ideal de água às plantas, situação indispensável em estudos de estimativas de evapotranspiração máxima da cultura e do Kc. No atual estudo, os valores de tensões de água do solo corresponderam a umidades próximas a condição ideal de capacidade de campo, considerando as mesmas profundidades e turnos de irrigação estudados por Sato et al. (2007), além de também

permitirem uma estimativa mais adequada de valores de Kc que poderão ser utilizados como referência em novos estudos de manejo de irrigação. Para cafezais com manejo adequado e altura de 2 a 3 m, em clima subúmido, ALLEN et al. (1998) propõem Kc entre 0,90 e 0,95, na ausência de plantas daninhas, e de 1,05 a 1,10, na presença dessas, adotando a evapotranspiração de referência estimada pela equação de Penman-Monteith (FAO). Porém, convém salientar que a resposta de produtividade e desenvolvimento das plantas poderá validar os resultados aqui relatados de forma mais criteriosa.

## CONCLUSÕES

A análise das diferenças, observadas no período de setembro de 2007 a fevereiro de 2008, entre lâminas de irrigação previstas pelo balanço hídrico climatológico e àquelas obtidas com auxílio do monitoramento da umidade do solo permitiu concluir que: (i) mesmo quando as plantas de café apresentam porte semelhante, o uso de um mesmo valor de Kc para lavouras cafeeiras implantadas com diferentes densidades de plantio é inadequado; (ii) o aumento na densidade de plantio tende a elevar o valor de Kc da lavoura; (iii) o monitoramento da umidade do solo permite avaliar a adequação dos parâmetros utilizados no manejo da irrigação com base em dados climatológicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. P. **Estimativa de déficits e excessos hídricos em regiões de clima úmido através de diferentes modelos de balanço hídrico**. 1993. 212 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ALLEN, R.G. Simulating soil moisture changes. IRRIGATION-L ('on line') Germany: run by STEIN T. M., revisto em 13/09/01999, disponível em < URL: [http:// www.woz.unikassel.de/kvv/projektee/irrig/irrigation-1\\_i.html](http://www.woz.unikassel.de/kvv/projektee/irrig/irrigation-1_i.html)>.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005. 611 p.

COELHO, E. F.; OR, D.; ANDRADE, C. de L.T. de. Avaliação de regime permanente em irrigação por gotejamento e posicionamento de sensores de umidade e de potencial matricial no bulbo molhado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 30, n. 11, p. 1327-1333, 1995.

GUANDIQUE, M. E. G. **Balanço hídrico no solo e consumo de água pela cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado**. 1993. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação*. Editores, RIBEIRO et al.. Viçosa, MG, 1999, 359 p. p. 289-302.

IRRIPLUS disponível em <URL: [HTTP://www.irriplus.com.br/](http://www.irriplus.com.br/) - 8k, acesso em 05/04/2009.

MALAVOLTA, E., MOREIRA, A. Nutrição e adubação do cafeeiro adensado. **Informações agrônômicas**, Piracicaba: POTAFOS, n. 80, p. 1-8, 1997 (Encarte técnico).

MARIN, F. R. **Evapotranspiração e transpiração máxima em cafezal adensado**. 2003. 118 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

PIRES, R. C. M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F. B.; FOLLEGATTI, M. V. Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação. In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. M. (Eds.). **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. Seção 1, p. 121-194. (Série Engenharia Agrícola, 1).

SANTINATO, R., FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Rio de Janeiro. MAPA/PROCAFÉ, 2002. 250p.

SATO, F. A.; SILVA, A. M. da.; COELHO, G.; SILVA, A. C. da S.; CARVALHO, L. G. de Coeficiente de cultura (Kc) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no período de outono-inverno na região de Lavras - MG, **Engenharia Agrícola.**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.383-391, maio/ago. 2007.

SOUSA, V. F. de; COELHO, E. F.; SOUZA, V. A. B. de. Frequência de irrigação em meloeiro cultivado em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 659-664, 1999.