

HERMES BOMFIM NETO

**INFLUÊNCIA DO DÉFICIT HÍDRICO NA FLORAÇÃO DO CAFEIEIRO
ARÁBICO, MONITORADO PELO DESENVOLVIMENTO DO BOTÃO
FLORAL E POTENCIAL HÍDRICO DA PLANTA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como parte
das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

HERMES BOMFIM NETO

INFLUÊNCIA DO DÉFICIT HÍDRICO NA FLORAÇÃO DO CAFEEIRO ARÁBICO,
MONITORADO PELO DESENVOLVIMENTO DO BOTÃO FLORAL E
POTENCIAL HÍDRICO DA PLANTA

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como parte
das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 11 de dezembro de 2007.

Prof. Fábio Murilo DaMatta
(Co-orientador)

Prof. Hermínia Emília Prieto Martinez

Pesq. Antônio de Pádua Nacif

Pesq. Antônio de Pádua Alvarenga

Prof. Everardo Chartuni Mantovani
(Orientador)

A vizinho e tio Neto (*in memoriam*), pelo legado do labor no campo;

A papai e mamãe, por tudo que representam para mim;

Dedico

A Mila, pelo amor;

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A fé em Deus, por transformar dificuldades em obstáculos superados.

A UFV, em especial ao corpo de funcionários e professores do programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade e ajuda na conclusão deste curso.

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, pelo apoio e financiamento deste trabalho.

A Fundação BA, por fornecer estrutura para a condução dos trabalhos no Oeste da Bahia.

A FAPEMIG pela concessão da bolsa.

Aos meus pais, Hermes e Vanda, por serem motivadores dos meus estudos.

Aos meus irmãos, Suelen e Murilo, pelo carinho e apoio.

Aos professores Fábio Murilo DaMatta e Luiz Cláudio Costa, pelo ensinamentos e conselhos essenciais na conclusão deste trabalho.

Aos amigos Breno, Marcelo, Victor, Alessandro, Toninho, Flávio, Adalberto e Guilhermy pelo apoio na pesquisa.

Ao Chiquinho, pela ajuda na compra e construção dos equipamentos necessários para avaliação dos ensaios.

Ao amigo Edmilson pela determinação, cuidado e entusiasmo nas coletas dos dados do campo que foram fundamentais para o êxito da pesquisa.

Ao amigo Virgílio, por todo ensinamento durante o andamento do curso.

A Marialva pela primeira acolhida em Viçosa e carinho durante toda estadia.

Ao grupo Castro, em especial ao Glauber, por ter concedido sua lavoura para realizarmos esse estudo.

A Aninha pela pessoa especial e iluminada que é, sempre disposta a ajudar e por tornar o período de convívio em Viçosa o mais agradável possível.

Ao Professor Everardo, pela orientação, motivação, conselho e amizade, além de grande exemplo profissional.

A Mila, por mais uma vez, muito obrigado, seu apoio, amor, cuidado e companhia foram fundamentais para meu bem estar e término desse trabalho.

BIOGRAFIA

Hermes Bomfim Neto, filho de Hermes Bomfim Filho e Jeovanda Araújo Messias Bomfim, nasceu em 06 de abril de 1980, na cidade de Vitória da Conquista, BA.

Em 2000, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Vitória da Conquista, BA, graduando-se em janeiro de 2005.

Em agosto de 2005, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFV, em nível de Mestrado, submetendo-se à defesa da dissertação em dezembro de 2007.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	5
2.1. Características da área experimental.....	5
2.2. Obtenção dos dados meteorológicos.....	5
2.3. Manejo da irrigação	6
2.4. Caracterização dos tratamentos.....	7
2.4.1 Experimento I.....	7
2.4.2. Experimento II	9
2.5. Avaliações fenológicas	10
2.5.1. Uniformidade de floração	10
2.5.2. Crescimento.	10
2.5.3. Produtividade e uniformidade de maturação	10
2.6. Análises estatísticas.....	10
3. RESULTADOS.....	12
3.1. Elementos climáticos	12
3.2. Uniformidade da floração	14
3.3. Parâmetros de produção	19
3.4. Número de nós acumulados	23
3.5. Manejo da Irrigação	27
4. DISCUSSÃO	30

5. CONCLUSÃO	33
6. REFERÊNCIAS.....	34

RESUMO

BOMFIM NETO, Hermes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro, de 2007.

Influência do déficit hídrico na floração do cafeeiro arábico, monitorado pelo desenvolvimento do botão floral e potencial hídrico da planta Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Co-orientadores: Fábio Murilo DaMatta e Luís Cláudio Costa.

Objetivou-se avaliar critérios para o controle e uniformização da floração do cafeeiro irrigado, submetido a déficit hídrico, em função do desenvolvimento do botão floral e do potencial hídrico da planta na antemanhã. Para isso, foram conduzidos dois experimentos, no período de junho de 2006 a maio de 2007, com cafeeiros (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí 144) irrigados por gotejamento, cultivados no espaçamento de 3,8 x 0,5 m, com aproximadamente 4,5 anos de idade, em Luís Eduardo Magalhães (12° 5'S, 45° 48'W), BA a uma altitude de 760 m em solo classificado como Neossolo Quartzarênico de textura franco-arenosa. Estabeleceu-se como critério para iniciar o déficit hídrico, em ambos os experimentos, o desenvolvimento dos botões florais, sendo que o experimento I teve o período do déficit hídrico monitorado por meio do desenvolvimento do botão floral e o experimento II, por meio do potencial hídrico da planta na antemanhã. Para realizar o manejo da irrigação e caracterizar a influência dos elementos climáticos sobre o comportamento do botão floral das plantas de café, instalou-se uma estação meteorológica automática, com sensores que fornecem dados diários de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar e precipitação. Além dessas variáveis, foi determinado o déficit de pressão de vapor. A partir dos dados da estação, gerenciou-se o manejo da irrigação mediante o software IRRIPLUS[®], determinando-se a demanda hídrica da cultura, avaliando-se o balanço hídrico diário, utilizando-se dos coeficientes de ajustes sobre a ETo. Definiu-se assim a lâmina de irrigação, em função da diferença entre demanda hídrica e a precipitação efetiva. Para avaliar a uniformidade de floração, maturação dos frutos, crescimento e produtividade do cafeeiro, avaliaram-se, periodicamente, as seguintes variáveis: número de flores emitido por ramo em cada florada; número de nós acumulados a cada mês; porcentagem de frutos verdes, cereja e passa no momento da colheita; rendimento; peneira média e produção de frutos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando-se do teste de Tukey, a $P = 0,05$. Para as demais características utilizou-se a análise descritiva. A uniformidade de maturação foi

alcançada a partir do momento em que os botões florais estavam sincronizados no estágio 4 de desenvolvimento e com o potencial hídrico na antemanhã abaixo de -1,2 MPa. Entretanto, a uniformidade de floração, aliada a maturação dos frutos, sem decréscimo na produtividade, somente foi alcançada nas plantas dos tratamentos que floriram antes do estímulo à abertura do botão floral provocada pela mudança no comportamento dos elementos climáticos. Não foi verificado, ao final do ano agrícola, diferença entre o número cumulativo de nós para todas as plantas dos tratamentos de ambos os experimentos. Verificou-se, dessa forma, que o uso do déficit hídrico é uma ferramenta eficiente para uniformizar a florada e maturação dos frutos do cafeeiro, entretanto, a mesma deve ser cuidadosamente imposta, levando-se em consideração a sincronização dos botões florais, a magnitude do déficit hídrico e o comportamento dos elementos climáticos.

ABSTRACT

BOMFIM NETO, Hermes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2007.

Influence of the water deficit in the flora of the Arabic coffee plant, monitored by the development of the floral button and water potential of the plant.

Adviser: Everardo Chartuni Mantovani. Co-advisers: Fábio Murilo DaMatta and Luís Cláudio Costa.

It was aimed to evaluate criteria for the flora control and uniforming of the irrigated coffee plant, submitted to water deficit, in function of the development of the floral button and of the water potential of the plant in the dawn. For that, two experiments were carried out, in the period from June 2006 to May 2007, with coffee plants (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí 144) irrigated by leak, cultivated in the spacing of 3,8 x 0,5 m, with approximately 4,5 years of age, in Luís Eduardo Magalhães (12nd 5'S, 45th 48'W), B in an altitude of 760 m in soil classified Quartzsandy Neosoil of medium texture. It settled down as criterion to begin the water deficit, in both experiments, the development of the floral buttons, and the experiment I had the period of the water deficit monitored through the development of the floral button and the experiment II, through the water potential of the plant in the dawn. To accomplish the handling of the irrigation and to characterize the influence of the climatic elements on the behavior of the floral button of the plants of coffee, an automatic meteorological station was settled, with sensors that supply data temperature diaries, relative humidity, speed of the wind, solar radiation and precipitation. Besides those varieties, it was determined the deficit of steam pressure. Starting from the data of the station, the handling of the irrigation was managed by the software IRRIPLUS[®], determining the water demand of the culture, evaluating the water daily, using the coefficients of adjustments on ETo. It was defined like this the water depth, in function of the difference between water demand and the effective precipitation. To evaluate the flora uniformity, maturation of the fruits, growth and productivity of the coffee plant, periodically, the following variables were evaluated: number of flowers emitted by branch in each bloomed; number of ties accumulated every month; percentage of green fruits, cherry and raisin in the moment of the crop; income; it sifts average and production of fruits. The data were submitted to the variance analysis and the compared averages being used of the test of Tukey, P = 0,05. For the other characteristics the descriptive analysis was used. The maturation uniformity was reached starting from the

moment that the floral buttons were synchronized at the stadium 4 of development and with the water potential in the down below -1,2 MPa. However, the flora uniformity, allied the maturation of the fruits, without decrease in the productivity, it was only reached in the plants of the treatments that bloomed before the incentive to the opening of the floral button provoked by the change in the behavior of the climatic elements. It was not verified, at the end of the agricultural year, difference among the cumulative number of ties for all the plants of the treatments of both experiments. It was verified, in that way, that the use of the water deficit is an efficient tool to uniformize adorned and maturation of the fruits of the coffee plant, however, the same should be imposed carefully, taking into account the synchronization of the floral buttons, the magnitude of the water deficit and the behavior of the climatic elements.

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura no Brasil, desde a sua implantação, sempre foi de grande importância para a economia brasileira. Nos últimos anos, a grande expansão das fronteiras cafeeiras no Brasil tem exigido avanços nas informações técnicas relacionadas à produção, que proporcionem aumento do lucro, da produtividade e da qualidade final do produto, mas em paralelo à preservação do meio ambiente. Uma tecnologia de destaque nesse contexto é a irrigação, que vem proporcionando a maximização e a racionalização dos insumos utilizados na cultura. A irrigação na cafeicultura tem se justificado pela possibilidade de expansão em áreas antes limitadas pela deficiência hídrica ou distribuição irregular das chuvas e, nas regiões tradicionais, por oferecer a garantia de produção em anos em que o veranico se estende nas fases críticas de desenvolvimento dos frutos (Mantovani, 2000). No entanto, a rentabilidade de uma lavoura cafeeira não é medida apenas pela produtividade obtida, mas também pela qualidade do produto. O tamanho dos grãos (peneira) e a qualidade da bebida são características que influenciam na classificação do produto. Sendo que a qualidade da bebida é muito influenciada pela uniformidade de maturação dos frutos, que depende inicialmente, dentre outros fatores, da uniformização da floração do cafeeiro e, posteriormente, de um adequado manejo da água que evite o estresse hídrico em fases importantes da formação do grão (Mantovani et al., 2006).

O hábito reprodutivo do cafeeiro, várias floradas ao longo do ano, leva à dificuldade relacionada com colheitas parciais, controle de doenças e pragas e redução na qualidade dos grãos (Rena e Maestri, 1986). Além do próprio comportamento fenológico da cultura, vários fatores do ambiente, tais como suprimento de água (Rena e Maestri, 2000), temperatura do ar (Mês, 1957; Went, 1957; Drinan e Menzel, 1995) e

níveis de irradiância (Castilo e López, 1966; Rena e Maestri, 2000) influenciam o florescimento, o desenvolvimento dos frutos e a produtividade do cafeeiro.

A água é vital durante todo o ciclo fenológico do cafeeiro, exceto em determinado período da formação dos botões floríferos, quando certa limitação pode favorecer a sincronização de abertura de flores (Drinnan e Menzel, 1994; Carr, 2001). Isso coincide com o período frio e seco nas principais regiões cafeeiras do Brasil. Segundo Matiello (1997), nesse período, a planta se encontra em uma fase de relativo repouso, o que não é tão danoso à produção do cafeeiro, ao contrário, níveis moderados de déficit hídrico (por cerca de dois meses) podem beneficiar a cultura, proporcionando condições de floração abundante e mais uniformes e melhorias na maturação dos frutos. Rena e Maestri (2000) afirmam que lavouras de café sob condições normais de cultivo, desde que implantadas e conduzidas corretamente, não só resistem satisfatoriamente como também se recuperam muito rapidamente, após o fim de um período seco. É como se a seca preparasse o cafeeiro, de modo ainda desconhecido, para um crescimento compensatório e para um melhor funcionamento estomático, após a liberação do déficit hídrico via irrigação ou chuva.

A floração do cafeeiro foi definida por Kurmar (1979) em três fases: iniciação ou diferenciação floral, desenvolvimento, repouso ou quiescência e abertura floral, sendo que cada uma dessas fases é afetada por vários fatores. Segundo Rena e Barros (2004), na fase de desenvolvimento do botão os primórdios florais apresentam um crescimento contínuo por um período de dois meses, atingindo um tamanho máximo de 4 a 8 mm. Nesse período, ocorre uma dormência que irá depender das condições externas, principalmente das chuvas. Aqueles autores afirmam que esse estágio é o único sensível aos elementos climáticos, especialmente hidratação e, ou, queda de temperatura, que conduzem à recuperação do crescimento e eventualmente a abertura da flor. Chuvas de 8 a 10 mm desencadeiam o crescimento das gemas, sendo que as irrigações por aspersão ou no solo são tão eficientes quanto a chuva para determinar a recuperação do crescimento, desde que as gemas tenham passado por um período de deficiência hídrica apropriado (Rena e Maestri, 2000). No entanto, deve-se atentar para as altas temperaturas (Mes, 1957) e ao suprimento de água adequado (Portères, 1946) para não predispor a formação de flores anormais. A dormência do botão floral constitui, aparentemente, uma estratégia para assegurar floradas uniformes, pois a sincronização da floração pode proteger as estruturas sexuais de estresses hídricos, durante a estação seca (Carr, 2001).

A sincronização do florescimento em cafeeiros tem sido associada com ciclos de déficits internos de água nas plantas, os quais quebrariam a dormência das gemas florais totalmente diferenciadas, levando ao florescimento após a aplicação da água via irrigação ou chuva. De acordo com a literatura, tais déficits podem variar de -0,8 MPa conforme observado por Crisosto et al. (1992), até os -2,65 MPa obtido por Schuch et al. (1992), ambos no Hawaii. No Brasil, Magalhães e Angelocci (1976) observaram que um limiar de potencial da água nas folhas do cafeeiro de -1,2 MPa deveria se estabelecer para promover o processo de floração em resposta a irrigação. Silva (2004) verificou que a suspensão da irrigação, por 60 dias, nos meses de julho a agosto, favoreceu a obtenção de status hídricos (-1,1 a -1,6 MPa) os quais foram mais efetivos na sincronização das floradas do cafeeiro Obatã, aliando uniformidade com boa produção. Entretanto, Soares (2001) observou que não houve quebra da dormência dos botões florais, mesmo quando o potencial hídrico da planta alcançou, valores de - 0,8, - 1,2 e - 1,9 MPa, após 30, 63 e 90 dias sem irrigação, respectivamente, e que a quebra da dormência só ocorreu quando estes se encontravam no estágio 4 de desenvolvimento do botão floral (Crisosto et al., 1992), e após a ocorrência de precipitações acompanhadas de queda brusca de temperatura, mesmo nos tratamentos que apresentavam potencial hídrico de - 0,2 MPa. Soares (2001) concluiu, portanto, que existe sinergismo entre os elementos climáticos, como precipitações, temperatura e déficit de pressão de vapor, sobre o desenvolvimento dos botões florais. Esse sinergismo poderia levar os botões à antese, quando se encontram no estágio 4 de desenvolvimento. Drinnan e Menzel (1994) relatam que o déficit hídrico está relacionado ao tempo necessário para que se complete uma maior uniformidade de maturação dos botões florais, ou seja, tornando-os mais sensíveis aos fatores que quebram a dormência.

Recentemente foi verificado por Guerra et al. (2006), sob condições do cerrado, que cafeeiros submetidos a potencial hídrico de - 2,0 MPa na antemanhã, no período de julho a agosto, apresentaram uniformização de florada e maturação dos frutos. O potencial hídrico dessa magnitude impediu que outros elementos climáticos provocassem a abertura dos botões florais já desenvolvidos, permitindo a continuidade do desenvolvimento das gemas reprodutivas menos desenvolvidas, causando, assim, a sincronização das mesmas e, conseqüentemente, a uniformização da florada, com retorno das irrigações.

A necessidade de um déficit hídrico para uniformização da florada é evidente, como até agora relatado. Na prática, os últimos trabalhos (Silva, 2004; Guerra, 2006) têm observado que déficit hídrico desenvolvido ao longo de 60 a 70 dias, ocorrido entre

os meses de julho e agosto, é benéfico para a uniformização da florada. No entanto outros trabalhos (Crisosto et. Al., 1992; Soares, 2001) constataram que a uniformização da florada não está somente associada somente ao déficit hídrico, mas também ao desenvolvimento do botão floral e ao comportamento dos elementos climáticos. Desta forma, é notório que esse tipo de observação necessita de mais pesquisas, observando-se, adicionalmente, a magnitude do potencial de água da planta na antemanhã, a sincronização dos botões florais e o comportamento dos elementos climáticos na época da florada, uma vez que essas três características influenciam na uniformidade da florada, maturação dos frutos e produtividade da cultura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar critérios para o controle e uniformização da floração e maturação do cafeeiro irrigado, submetidos a déficit hídrico, em função do desenvolvimento do botão floral e do potencial hídrico da planta na antemanhã.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Características da área experimental

Os ensaios foram conduzidos no período de junho de 2006 a maio de 2007 com cafeeiros (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí 144), com aproximadamente 4,5 anos de idade. Essas plantas foram irrigadas por gotejamento e cultivadas no espaçamento de 3,8 x 0,5 m na Fazenda Café do Rio Branco, em Luís Eduardo Magalhães (12° 5´S, 45° 48´W), BA, a uma altitude de 760 m em solo classificado como Neossolo Quartzarênico de textura franco-arenosa. As análises físico-hídricas do solo, na profundidade de 60 cm, indicaram os valores para capacidade de campo e o ponto de murcha, em base gravimétrica, de 17,58 e 11,47% de umidade, respectivamente, tendo a densidade aparente o valor de 1,54 g cm⁻³. A análise química do solo e foliar serviu de base para todo o programa de adubação da cultura.

2.2. Obtenção dos dados meteorológicos

Para realizar o manejo da irrigação e caracterizar a influência dos elementos climáticos sobre o comportamento do botão floral das plantas de café, foi instalada uma estação meteorológica automática modelo DAVIS VANTAGE PRO II, com sensores que fornecem dados diários de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar e precipitação. Além dessas variáveis, foi determinado o déficit de pressão vapor por meio da metodologia descrita por Smith (1991), conforme a Equação 1:

$$DPV = e_a - e_d = \frac{e_{a(T_{max})} + e_{a(T_{min})}}{2} - e_d \quad \text{Equação 1}$$

em que

DPV = déficit de pressão de vapor [mbar];

$e_{a(T_{max})}$ = pressão de vapor de saturação à Tmax [mbar];

$e_{a(T_{min})}$ = pressão de vapor de saturação à Tmin [mbar];

e_d = pressão parcial de vapor [mbar]; e

e_a = pressão de vapor saturação[mbar].

2.3. Manejo da irrigação

A partir dos dados da estação meteorológica, o manejo da irrigação foi gerenciado pelo programa IRRIPLUS[®], que determina a demanda hídrica da cultura, avaliando o balanço hídrico diário, utilizando-se de coeficientes de ajustes sobre a Evapotranspiração de referência (ET_o), e define a lâmina de irrigação em função da diferença entre demanda hídrica e precipitação efetiva (Mantovani, 2003), gerando as lâminas de irrigação, conforme a Equação 2:

$$L_i = \frac{ET_o \cdot k_c \cdot k_s \cdot k_l}{E_a} - P_e \quad \text{Equação 2}$$

Sendo que:

L_i : lâmina de irrigação, em mm;

ET_o: evapotranspiração de referência, em mm dia⁻¹;

k_c : coeficiente da cultura, de acordo com o estágio de desenvolvimento, adimensional;

k_s : coeficiente de estresse, em função da variação de umidade no solo, (0 a 1), adimensional;

k_l : coeficiente de localização, em função da porcentagem de área molhada e sombreada;

E_a : eficiência de aplicação do sistema de irrigação, em decimal;

P_e : precipitação efetiva, em mm.

A ET_o foi determinada empregando-se o modelo de Penman-Monteith, e os valores de k_c obtidos por Gutiérrez e Meinzer (1994). Os efeitos do estresse hídrico na

evapotranspiração da cultura (ETc) foram descritos utilizando-se do coeficiente de redução da ETo dependente da disponibilidade de água no solo, também chamado de coeficiente de estresse hídrico (ks) (Allen et al., 1998). Foi considerado um modelo que adota o valor de ks igual a um (evapotranspiração real se iguala à potencial) durante algum tempo após a irrigação, decrescendo rapidamente a partir de determinado valor de umidade do solo, segundo uma forma exponencial (Bernardo et al., 2005). O kl foi calculado em função da percentagem de área molhada ou sombreada, utilizando-se do modelo proposto por Keller e Bliesner (1990).

Para uma correta utilização do programa IRRIPLUS[®], também foram cadastradas no software as características físico-hídricas do solo e fenológicas da cultura, como também as do sistema de irrigação. A cada 15 dias, foram feitas amostragens de solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm para determinação da umidade do solo pelo método padrão de estufa (Bernardo et al., 2005), calibrando-se o programa IRRIPLUS[®] através desses resultados.

2.4. Caracterização dos tratamentos

A avaliação do efeito do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e quebra da dormência do botão floral do cafeeiro foi feita em dois experimentos. Em ambos, para iniciar-se o déficit hídrico, foram utilizados como critério os diferentes estádios de desenvolvimento do botão floral. Já para o término do déficit, no primeiro experimento, o critério utilizado foi o estádio de desenvolvimento do botão floral e, no segundo, a imposição de diferentes déficits hídricos quantificados mediante o potencial hídrico na folha na antemanhã (Ψ_{am}), utilizando-se de uma bomba de pressão tipo Scolander (Scolander et al., 1965).

2.4.1 – Experimento I: Irrigação contínua e aplicação de déficit hídrico após o início dos estádios 2, 3 e 4 de desenvolvimento do botão floral e retorno da irrigação quando mais de 60% desses botões se apresentaram no estádio 4

Foi feito o monitoramento dos botões florais, em três ramos plagiotrópicos do terço médio de dez plantas, demarcadas ao acaso por tratamento, quando pelo menos 10 a 20 % dos botões florais destes ramos atingiam os estádios de desenvolvimento 2, 3 e 4 [(Crisosto et al., 1992); Figura 1], momento em que se iniciou a imposição do déficit hídrico. Até atingir a fase desejada, as plantas de cada tratamento foram irrigadas,

mantendo-se o solo sempre próximo à capacidade de campo. O término do déficit hídrico ocorreu quando as plantas de cada tratamento apresentaram mais de 60% dos botões florais no estágio 4 de desenvolvimento [(Crisosto et al., 1992); Figura 1], sendo nesse momento também quantificado o ψ_{am} , avaliando-se uma folha do terço médio de cada planta demarcada.

Estádio	Aspecto	Características
E1		Inchamento dos entrenós com presença de estípulas.
E2		Tamanho: 2 mm. Botão floral indiferenciado de cor verde, coberto por estípulas, e presença de mucilagem cor âmbar.
E3		Tamanho: 2,6 mm. Botões florais em desenvolvimento, sobressaindo as estípulas.
E4		Tamanho: 4,4 mm. Botões florais de cor verde-clara no estágio de dormência.
E5		Tamanho: de 6 a 10 mm. Botões florais de cor branca, próximos à abertura.
E6		Flores.

Fonte: Womer e Guituanja (1970), citados por Camayo e Arcica (1996)
Figura 1: Estádios de desenvolvimento do botão floral do cafeeiro.

Os tratamentos foram definidos pelo estágio de desenvolvimento do botão floral em um delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições, como demonstrados a seguir:

Testemunha – irrigação com umidade sempre próxima à capacidade de campo;

E1T2 – déficit hídrico iniciado com 10 a 20 % no estágio 2 de desenvolvimento do botão floral e retorno das irrigações com mais de 60 % no estágio 4;

E1T3 – déficit hídrico iniciado com 10 a 20% no estágio 3 de desenvolvimento do botão floral e retorno das irrigações com mais de 60 % no estágio 4;

E1T4 – déficit hídrico iniciado com 10 a 20 % no estágio 4 de desenvolvimento do botão floral e retorno das irrigações com mais de 60 % no estágio 4.

2.4.2 – Experimento II: Início do déficit hídrico em função dos estádios de desenvolvimento do botão floral 2, 3 e 4 com retorno das irrigações quando os potenciais hídricos foliares de antemanhã atingiram -1,2 e -2,0 MPa

Foi feito o monitoramento dos botões florais, em três ramos plagiotrópicos do terço médio superior de dez plantas demarcadas ao acaso, por tratamento, quando pelo menos 10 a 20% dos botões florais desses ramos atingiram os estádios de desenvolvimento 2, 3 e 4, conforme descrito no item 2.4.1. A quebra do déficit hídrico ocorreu quando o ψ_{am} atingiu - 1,2 MPa e -2,0 MPa. Os diferentes estádios de desenvolvimento do botão floral, juntamente com os diferentes potenciais hídricos, caracterizaram os tratamentos em um arranjo fatorial de $(3 \times 2) + 1$ no delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições, conforme descritos a seguir:

Testemunha – irrigação com umidade sempre próxima à capacidade de campo;

E2T2 – déficit hídrico iniciado com 10 a 20 % no estágio 2 de desenvolvimento do botão floral e retorno das irrigações quando o ψ_{am} da planta atingiu -1,2 MPa;

E2T3 – déficit hídrico iniciado com 10 a 20 % no estágio 2 de desenvolvimento do botão floral e retorno das irrigações quando o ψ_{am} da planta atingiu -2,0 MPa;

E2T4 – déficit hídrico iniciado com 10 a 20 % no estágio 3 de desenvolvimento do botão floral e retorno das irrigações quando o ψ_{am} da planta atingiu -1,2 MPa;

E2T5 – déficit hídrico iniciado com 10 a 20 % no estágio 3 de desenvolvimento do botão floral e retorno das irrigações quando o ψ_{am} da planta atingiu -2,0 MPa;

E2T6 – déficit hídrico iniciado com 10 a 20 % no estágio 4 de desenvolvimento do botão floral e retorno das irrigações quando o ψ_{am} da planta atingiu -1,2 MPa;

E2T7 – déficit hídrico iniciado com 10 a 20 % no estágio 4 de desenvolvimento do botão floral e retorno das irrigações quando o ψ_{am} da planta atingiu $-2,0$ MPa.

2.5. Avaliações fenológicas

2.5.1. Uniformidade de floração

Para acompanhamento do desenvolvimento dos botões florais e uniformidade da floração, em ambos os experimentos, foram avaliadas, a cada dez dias, a partir do início do desenvolvimento dos botões florais, as seguintes variáveis: estágio do desenvolvimento do botão floral; número de floradas; data das floradas e o número de flores emitido por ramo em cada florada, caracterizado pelo estágio 5 de desenvolvimento do botão floral [(Crisosto et al., 1992); Figura 1].

2.5.2. Crescimento Vegetativo

Para avaliar o crescimento, quantificaram-se a cada dois meses, nos três ramos de cada uma das dez plantas demarcadas por tratamento, o número acumulados de nós.

2.5.3. Produtividade e uniformidade de maturação

A produtividade foi determinada colhendo-se individualmente todas as plantas úteis de cada tratamento e avaliando-se sua produção em litros de café cereja por planta. Para cada parcela retiraram-se dois litros de frutos para fazer o rendimento, obtendo-se a relação gramas de café beneficiado por litro de café cereja. Após a secagem, o café colhido de cada parcela foi beneficiado e pesado. Posteriormente, efetuou-se a conversão da produção por parcela em produtividade em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare. Por fim, o rendimento foi determinando, quantificando-se o número de litros de frutos de café necessário para produzir um saco de 60 kg.

Para avaliar-se a uniformidade de maturação, retirou-se uma amostra de 200 frutos de cada planta colhida a partir da qual se determinou a porcentagem de grãos verdes, cereja e passa.

2.6 – Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas utilizando-se do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para as demais características, comportamento dos elementos climáticos e manejo da irrigação, utilizaram-se a análise descritiva.

3. RESULTADOS

3.1. Elementos climáticos

Os dados diários de precipitação, umidade relativa do ar, temperatura, déficit de pressão vapor e radiação solar, durante o período em que as plantas estavam submetidas a déficit hídrico e emitindo flores, são mostradas na Figura 2. A precipitação foi nula entre 24/06 a 19/09, ocorrendo a primeira chuva em 20/09, com um volume de 4,3 mm. A temperatura média elevou-se a partir de junho, tendo o valor mínimo registrado de 19,2 °C e o máximo de 27,8 °C em 06/10. Os índices diários de umidade relativa decrescem a partir de 21/06, tendo a mínima ocorrido em 16/09 com o valor de 41,7%. O déficit de pressão vapor apresentou comportamento contrário ao da umidade relativa do ar, para o mesmo período, ou seja, elevou-se a partir de 21/06, atingindo o máximo de 19,6 mbar em 19/09. A radiação solar elevou-se no início de julho com o valor de 11,2 MJ m⁻² dia⁻¹, registrando a máxima em 28/09, com o valor de 26,3 MJ m⁻² dia⁻¹. Ressalta-se que, em 20/09, data da primeira precipitação da estação chuvosa, ocorreram mudanças bruscas em todos os elementos climáticos supracitados. A umidade relativa elevou-se de 45,2 para 79,7 %, a temperatura média, o déficit de pressão vapor e a radiação solar decresceram de 27,0 para 21,9 °C, 19,6 para 5,4 mbar e 17,1 para 8,1 MJ m⁻² dia⁻¹, respectivamente.

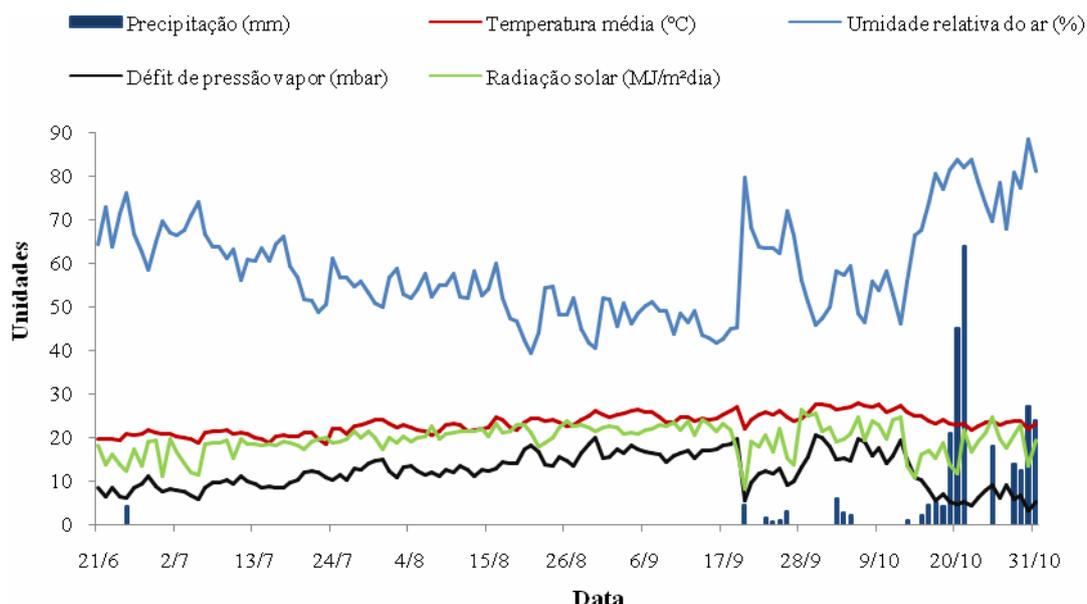


Figura 2: Dados diários de precipitação (mm), umidade relativa do ar (%), temperatura média do ar (°C), déficit de pressão vapor (mbar) e radiação solar ($\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$) referente ao ano de 2006 em que as plantas estavam submetidas a déficit hídrico e emitindo flores.

Na Tabela 1 é mostrado o comportamento mensal das variáveis climáticas referentes ao período de condução do experimento. A temperatura média mínima foi registrada no mês de junho de 2006, com o valor de $20,4^{\circ}\text{C}$, já a máxima foi registrada no mês de setembro de 2006 atingindo os valores médios de $24,9^{\circ}\text{C}$. A umidade relativa do ar foi maior entre os meses de outubro de 2006 a março de 2007, com a média, para esse período, de $76,1\%$, já a média mínima foi de $54,6\%$ obtida entre os meses de julho a setembro de 2006. Com relação à radiação solar, ocorreram variações entre $16,9$ a $21,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, do início da estação seca (junho de 2006) para o fim da estação chuvosa (março de 2007). A precipitação concentrou-se entre os meses de outubro de 2006 a fevereiro de 2007, tendo o volume de $1420,3 \text{ mm}$ representando $88,5\%$ da precipitação total ($1605,1 \text{ mm}$). Ao iniciar o inverno (junho de 2006) observaram-se elevações dos valores dos parâmetros supra mencionados. Isso refletiu-se em um aumento da ETo, que atingiu o seu máximo ($4,9 \text{ mm dia}^{-1}$) em setembro de 2006, no início da primavera. Nesse ponto, permaneceram praticamente estáveis os valores de temperatura média, em torno de 24°C , e radiação solar de $20 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Além disso, verificaram-se baixos índices pluviométricos entre agosto e setembro de 2006 que, associados a baixa umidade relativa do ar nesse mesmo período, justificaram o aumento da ETo.

Tabela 1: Dados mensais de temperatura do ar média (Tmed), umidade relativa do ar média (UR), velocidade do vento média (Vvento), precipitação total (Prec.), radiação solar média (Rad) e Evapotranspiração de referência média pela equação de Penman-Monteith FAO (ETo) coletados da estação meteorológica automática instalada no local dos experimentos.

Mês	Tmed (°C)	UR (%)	Vvento (m s ⁻¹)	Rad (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	Prec. (mm)	ETo (mm dia ⁻¹)
Jun/06	20,4	66,7	0,8	16,9	27,8	3,2
Jul/06	20,9	59,8	0,7	18,2	0,00	3,4
Ago/06	23,0	51,2	0,9	21,1	0,00	4,5
Set/06	24,9	52,8	0,9	20,9	10,5	4,9
Out/06	24,8	67,2	1,0	19,2	252,8	4,4
Nov/06	23,0	78,8	1,2	17,4	412,6	3,7
Dez/06	23,6	75,5	1,1	20,0	265,1	4,3
Jan/07	23,8	76,7	0,9	19,0	160,8	4,1
Fev/07	22,4	83,7	1,1	17,6	329,0	3,6
Mar/07	22,7	75,1	1,1	21,2	71,0	4,3
Abr/07	23,2	77,0	1,0	19,8	72,0	3,9
Mai/07	22,4	68,5	1,2	19,8	3,5	3,9

3.2 Uniformidade da floração

Na Tabela 2 mostra-se o comportamento da florada das plantas do tratamento do experimento I. Nesse experimento, o retorno da irrigação só foi possível, conforme a descrição do material e métodos, nas plantas dos tratamentos E1T2 e E1T3, pois mais de 60% dos botões florais dessas plantas atingiram o estágio 4 de desenvolvimento como tomada de decisão para o retorno das irrigações. Já nas plantas do tratamento

E1T4, apenas 45% dos botões florais atingiram o estágio 4 de desenvolvimento, antes da ocorrência da primeira florada, estimulada pela mudança nos elementos climáticos em 20/09 (Figura 2). Verificou-se a concentração da florada numa única data para as plantas de dois tratamentos, E1T2, em 06/10, e E1T3, em 21/09. As plantas da testemunha floriram em quatro datas, com 71,3% das flores emitidas na primeira florada, em 26/09, e 23,7% na última, em 27/10. As plantas do tratamento E1T4 floriram em três datas, tendo a maior porcentagem da emissão total de flores 56,6 %, em 06/10, após o reinício das irrigações, em 28/09. Ressalta-se que a primeira florada das plantas da testemunha e do E1T4 foi estimulada pelas mudanças bruscas dos elementos climáticos em 20/09 (Figura 2).

Os valores de ψ_{am} , durante o período em que as plantas dos diferentes tratamentos do experimento I estavam submetidos a déficit hídrico e emitindo flores são apresentados na Figura 3. Nos tratamentos E1T2 e E1T3, as plantas atingiram, antes do reinício das irrigações, ψ_{am} de -1,3 MPa e -1,6 MPa após a suspensão da irrigação por 99 e 73 dias, respectivamente. Já as plantas do tratamento E1T4 atingiram ψ_{am} de -0,9 MPa após 44 dias sem irrigação. Observa-se que as maiores quedas de ψ_{am} ocorreram na segunda quinzena de agosto e na primeira de setembro, devido ao aumento da demanda hídrica nesse período (Tabela 1).

Tabela 2: Intervalo entre irrigações, potencial hídrico de água na folha na antemanhã alcançado antes do retorno das irrigações, porcentagem de botões florais no estágio 4 antes da ocorrência da primeira florada e porcentagem do total de flores emitidas por ramo de planta para os tratamentos do experimento I.

Tratamentos	Corte da Irrigação	Retorno da Irrigação	Dias sem irrigar	Potencial hídrico (MPa)	Botões florais estágio 4 (%)	Florada (21/09) (%)	Florada (26/09) (%)	Florada (06/10) (%)	Florada (18/10) (%)	Florada (27/10) (%)
Testemunha	-	-	-	-0,3	64	-	71,3	3,1	1,9	23,7
E1T2	21/06	28/09	99	-1,3	61	-	-	100	-	-
E1T3	04/07	15/09	73	-1,6	60	100	-	-	-	-
E1T4	15/08	28/09	44	-0,9	45	-	31,8	56,6	11,6	-

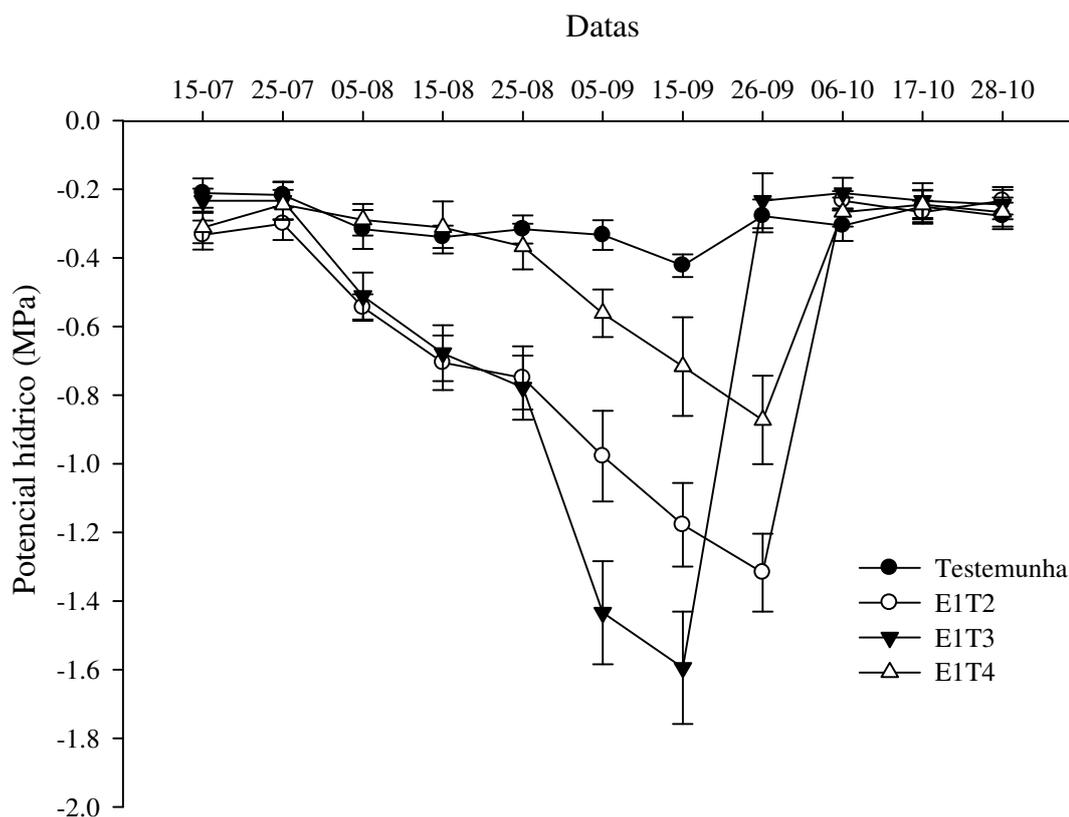


Figura 3: Potencial hídrico na antemanhã, durante o período em que as plantas dos diferentes tratamentos do experimento I estavam submetidas a déficit hídrico e emitindo flores. Barras indicam o erro padrão da média ($n=10$).

Na Tabela 3 está mostrado o comportamento da florada das plantas do experimento II. Apenas nas plantas dos tratamentos E2T2 e E2T3 conseguiu-se atingir os valores de ψ_{am} de -1,2 e -2,0 MPa, respectivamente, antes da primeira florada. Adicionado a esse fato, nas plantas desses tratamentos, os botões florais estavam, antes da ocorrência da primeira florada, com mais de 60% no estágio 4 de desenvolvimento. Foi também nas plantas dos tratamentos E2T2 e E2T3 que se verificou a uniformização da florada, sendo a do E2T2 em 21/09 e a do E2T3, em 06/10. A testemunha foi a mesma do experimento I e, portanto, teve o mesmo comportamento, florindo em quatro datas, com 71,3% das flores emitidas na primeira florada em 26/09 e 23,7% na última, em 27/10. As plantas do tratamento E2T4 floriram em duas datas com 77,4 % do total da emissão de flores registrada na primeira florada (06/10), após o retorno da irrigação em 28/10. As plantas dos demais tratamentos floriram em três datas (26/09, 06/10 e 18/10).

Tabela 3: Intervalo entre irrigações, potencial hídrico de água na folha na antemanhã alcançado antes do retorno das irrigações, porcentagem de botões florais no estágio 4 antes da ocorrência da primeira florada e porcentagem de flores emitidas por ramo de planta em diferentes datas para os tratamentos do experimento II.

Tratamentos	Corte da Irrigação	Retorno da Irrigação	Dias sem irrigar	Potencial hídrico (MPa)	Botões florais estágio 4 (%)	Florada (21/09) (%)	Florada (26/09) (%)	Florada (06/10) (%)	Florada (18/10) (%)	Florada (27/10) (%)
Testemunha	-	-	-	-0,3	64	-	71,3	3,1	1,9	23,7
E2T2	21/06	15/09	86	-1,2	61	100	-	-	-	-
E2T3	21/06	28/09	99	-2,0	69	-	-	100	-	-
E2T4	04/07	08/10	96	-1,4	50	-	-	77,7	22,3	-
E2T5	04/07	18/10	106	-1,5	47	-	18,4	64,1	17,5	-
E2T6	15/08	08/10	54	-1,2	46	-	16,6	38,9	44,6	-
E2T7	15/08	18/10	64	-1,2	40	-	44,4	38,1	17,5	-

Os botões florais das plantas dos tratamentos E2T5, E2T6 e E2T7 do experimento II, mesmo sem o retorno da irrigação, emitiram flores em 26/09, juntamente com a testemunha, devido ao estímulo provocado pela mudança no comportamento dos elementos climáticos em 20/09 (Figura 2). Observa-se que o ψ_{am} era superior a -0.9 MPa (Figura 4).

Os resultados de ψ_{am} , durante o período em que as plantas dos diferentes tratamentos do experimento II estavam submetidos a déficit hídrico e emitindo flores, são apresentados na figura 4. Como observado no experimento I, constata-se que as maiores quedas de ψ_{am} ocorreram com o aumento da demanda hídrica após a segunda quinzena de agosto e primeira de setembro (Tabela 1).

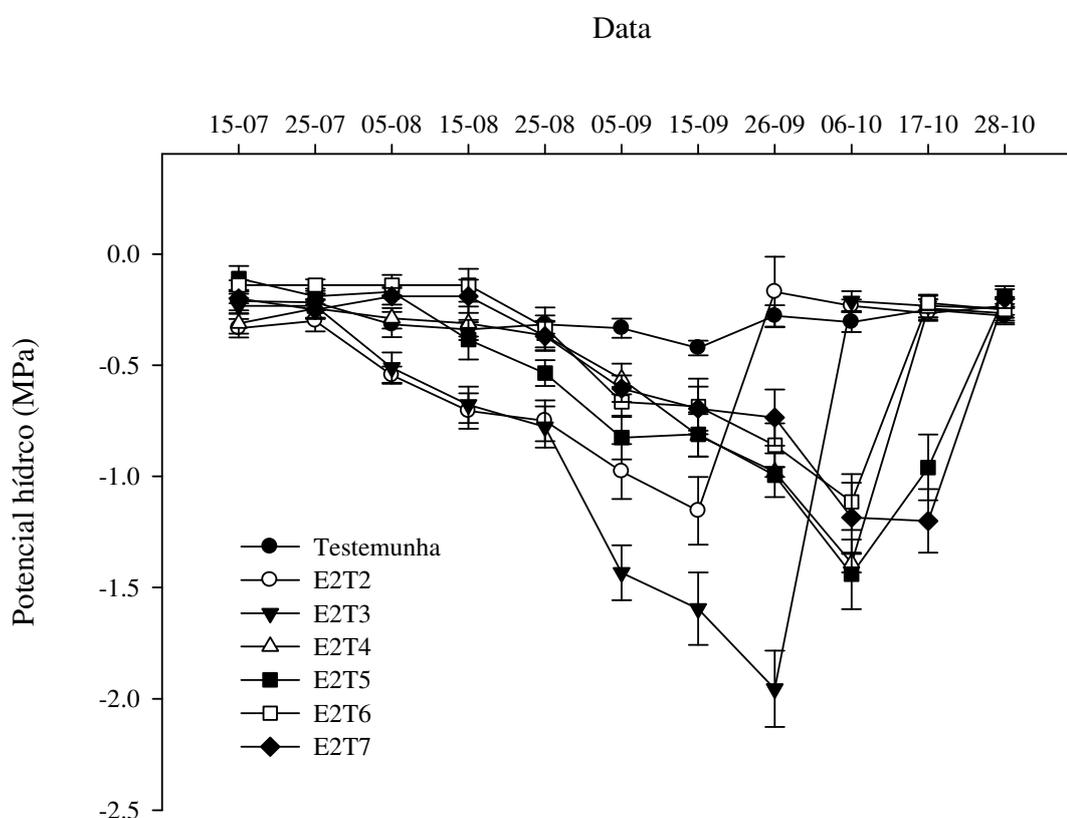


Figura 4: Potencial hídrico na antemãhã, durante o período em que os diferentes tratamentos do experimento II estavam submetidos a déficit hídrico e emitindo flores. Barras indicam o erro padrão da média ($n=10$).

3.3 Parâmetros de produção

Na Tabela 4 são mostrados os dados de produção do experimento I. A testemunha obteve o maior número médio de flores e frutos emitidos por ramo de planta, não havendo diferença estatística entre ela e o tratamento E1T3. Constatou-se

que as maiores produtividades foram alcançadas pelas plantas da testemunha e do tratamento E1T3. A queda na produtividade das plantas dos tratamentos E1T2 e E1T4 estão atribuídas à baixa relação entre o número de flores emitidas e o número de frutos colhidos. As plantas do E1T3 apresentaram os menores índices de grãos verdes e os maiores de cereja e passa. Os menores índices de grãos verdes estão associados à concentração da florada ocorrida na data de 21/09. No entanto, as plantas do E1T2 também apresentaram concentração da florada e obtiveram elevados índices de grãos verdes, que, apesar de menores, não diferiram estatisticamente das plantas da testemunha. Este resultado possivelmente está associado à ocorrência da florada no ápice da planta na data de 26/09 (dados não mostrados), que não foi contabilizada na avaliação devido a mesma ser monitorada em ramos do terço médio superior. Não foi observada diferença estatística entre os tratamentos quanto à peneira média dos grãos chatos e à quantidade de litros de café da roça necessários para produzir um saco de café de 60 kg.

Os parâmetros de produção para as plantas do experimento II são mostrados na tabela 5. As plantas da testemunha obtiveram os maiores valores para as características número de flores emitidas, frutos colhidos e produtividade. Para o número de flores emitidas e de frutos colhidos, não houve diferença entre as plantas dos tratamentos que estavam submetidos a déficit hídrico. No entanto, para a produtividade, as plantas do tratamento E2T2 embora não tenham diferido das plantas dos tratamentos E2T3, E2T6 e E2T7, apresentaram os maiores valores, sendo estatisticamente semelhante a testemunha. As plantas dos tratamentos que tiveram a maior concentração de emissão de flores em 06/10 apresentaram um baixo número de frutos colhidos em relação ao número de flores emitido. Somente as plantas da testemunha e o do tratamento E2T2 tiveram a maior concentração de flores antes do início de outubro, que foi em 26/09 e 21/09, respectivamente. Essas datas foram anteriores ao período de ocorrência das maiores temperaturas, que como já foi citado, ocorreram entre 30/09 e 12/10. Constatase que as menores relações entre número de flores emitido e de frutos colhidos ocorreram nas plantas dos tratamentos E2T3, E2T4 e E2T5 onde 100, 77,7 e 64,1% da emissão de flores, respectivamente, advieram na data de 06/10, quando foram registrados os maiores valores de temperatura média (Figura 2). As plantas dos tratamentos E2T2 e E2T3 alcançaram os menores índices de grãos verdes, no entanto as plantas do tratamento E2T3 não diferiram estatisticamente das plantas da testemunha, embora tenham alcançado o índice de 16,1 % contra 28,3 % da testemunha. Essa igualdade estatística entre as plantas da testemunha e do tratamento E2T3, embora este

tenha concentrado a floração de suas plantas em uma única data (06/10), é explicada pela emissão de flores ocorrida em 26/09 no ápice da planta (dados não mostrados), após as mudanças no comportamento dos elementos climáticos em 20/09 (Figura 2), assim como ocorreu no experimento I para as plantas do tratamento E1T2. Não foi observada diferença estatística entre as plantas dos tratamentos para a quantidade de litros de café da roça necessária para produzir um saco de café de 60 kg, como também para a peneira média.

Tabela 4: Parâmetros de produção dos tratamentos do experimento I. FLR (número médio de flores emitidas por ramo), FRT (número médio de frutos colhidos por ramo), PRO (produtividade média, em sacos de 60 kg ha⁻¹), VER (porcentagem média de grãos verdes), CER (porcentagem média de grãos cereja), PAS (porcentagem média de grãos passa), REN (quantidade média de litros de café da roça para produzir um saco de 60 kg) e PMD (peneira média dos grãos chatos).

Tratamento	FLR	FRT	PRO	VER	CER	PAS	REN	PMD
Testemunha	67,4 a	25,1 a	40,0 a	28,3 a	63,4 a	8,4 b	547 a	15,3 ab
E1T2	24,4 b	3,4 b	14,3 b	20,9 a	72,2 a	7,0 b	552 a	15,2 b
E1T3	49,4 ab	16,5 ab	37,0 a	4,4 b	73,5 a	22,1 a	550 a	15,6 a
E1T4	21,0 b	2,2 b	11,8 b	27,9 a	62,4 a	9,7 b	549 a	15,1 b

* Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

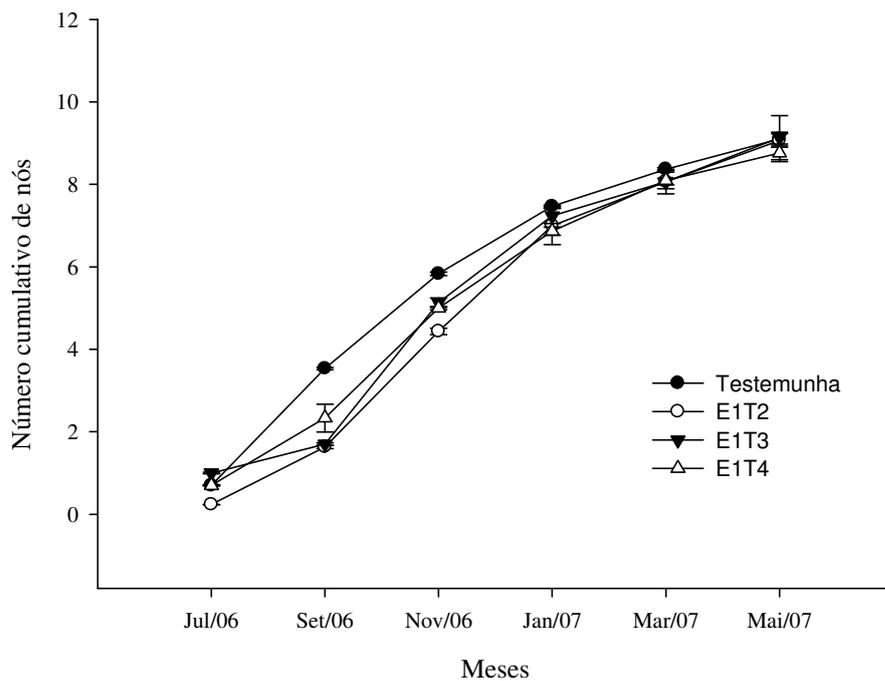
Tabela 5: Parâmetros de produção dos tratamentos do experimento II. FLR (número médio de flores emitidas por ramo), FRT (número médio de frutos colhidos por ramo), PRO (produtividade média, em sacos de 60 kg ha⁻¹), VER (porcentagem média de grãos verdes), CER (porcentagem média de grãos cereja), PAS (porcentagem média de grãos passa), REN (quantidade média de litros de café da roça para produzir um saco de 60 kg) e PMD (peneira média dos grãos chatos).

Tratamento	FLR	FRT	PRO	VER	CER	PAS	REN	PMD
Testemunha	67,4 a	25,1 a	40,0 a	28,3 ab	63,4 a	8,4 b	547 a	15,3 a
E2T2	29,6 ab	9,2 b	27,6 ab	12,1 c	71,3 ab	16,6 a	553 a	15,3 a
E2T3	22,9 b	2,8 b	11,0 bc	16,1 bc	73,9 a	10,1 ab	547 a	15,2 a
E2T4	15,7 b	0,7 b	6,1 c	34,1 a	60,3 ab	5,5 b	554 a	15,1 a
E2T5	21,9 b	0,3 b	5,1 c	33,7 a	60,7 ab	5,6 b	539 a	15,3 a
E2T6	31,1 ab	4,6 b	15,5 bc	28,9 ab	60,4 ab	10,7 ab	542 a	14,9 a
E2T7	30,5 ab	5,3 b	18,5 bc	37,1 a	57,6 b	5,3 b	560 a	14,9 a

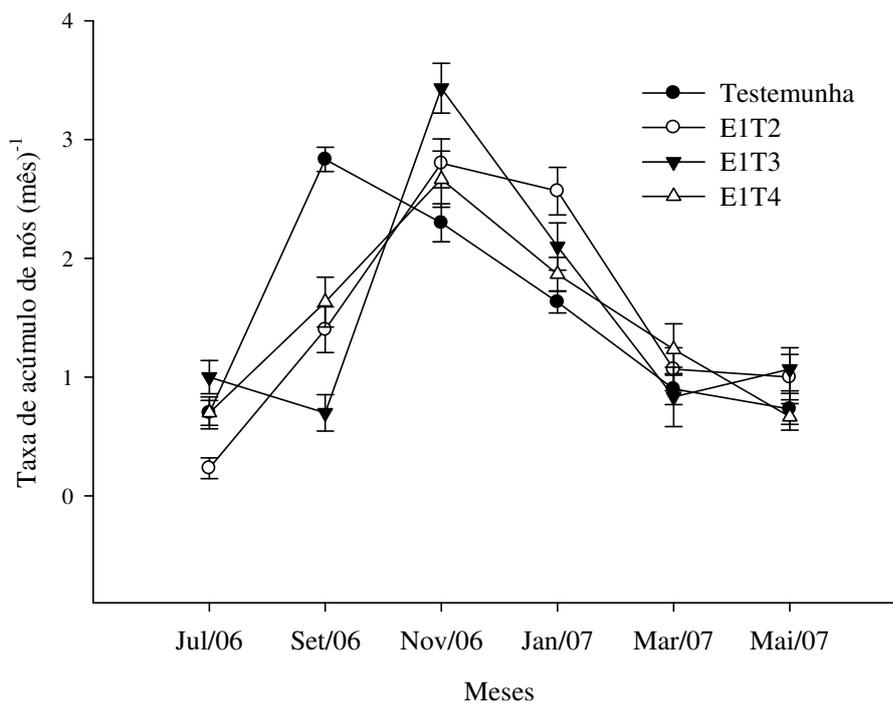
* Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.4 Número cumulativo de nós

Estão mostrados nas Figuras 5 e 6 o número e a taxa de acúmulos de nós para os experimentos I e II, respectivamente. Observou-se que o número cumulativo de nós variou de acordo com a época do ano para as plantas da testemunha, sendo que as maiores taxas ocorreram entre as avaliações dos meses de julho a novembro de 2006 e as menores entre os meses de março a maio de 2007. Para as plantas dos tratamentos do experimento I que estavam submetidas a déficit hídrico as maiores taxas de acúmulos de nós foram alcançadas após o reinício das irrigações, ou seja, a partir da avaliação de novembro de 2006, sendo que, a partir da avaliação de janeiro de 2007, as plantas dos tratamentos, que estavam submetidos a déficit hídrico, obtiveram taxa de acúmulos de nós superiores as plantas da testemunha com exceção do tratamento E1T4 para maio de 2007. Para as plantas dos tratamentos do experimento II que estavam submetidas a déficit hídrico, as maiores taxa de acúmulos de nós também foram alcançadas após o reinício das irrigações, assim como ocorreram taxas superiores a partir de novembro de 2006 em relação à das testemunha, com exceção do tratamento E2T5 para a avaliação do mês de novembro de 2006 e do E2T7 para maio de 2007. Estes dados são comprovados pelo número de nós acumulados ao longo do ano agrícola 2006/2007 (Tabela 6 e 7), em que a diferença entre os tratamentos, de ambos os experimentos, ocorreu somente no período em que as plantas estavam submetidas a déficit hídrico, ou seja, de julho a novembro de 2006. A partir do momento em que as necessidades hídricas do cafeeiro foram supridas essa diferença passou a não existir, tendo todas as plantas dos tratamentos o mesmo número de nós acumulados ao final do ano agrícola.

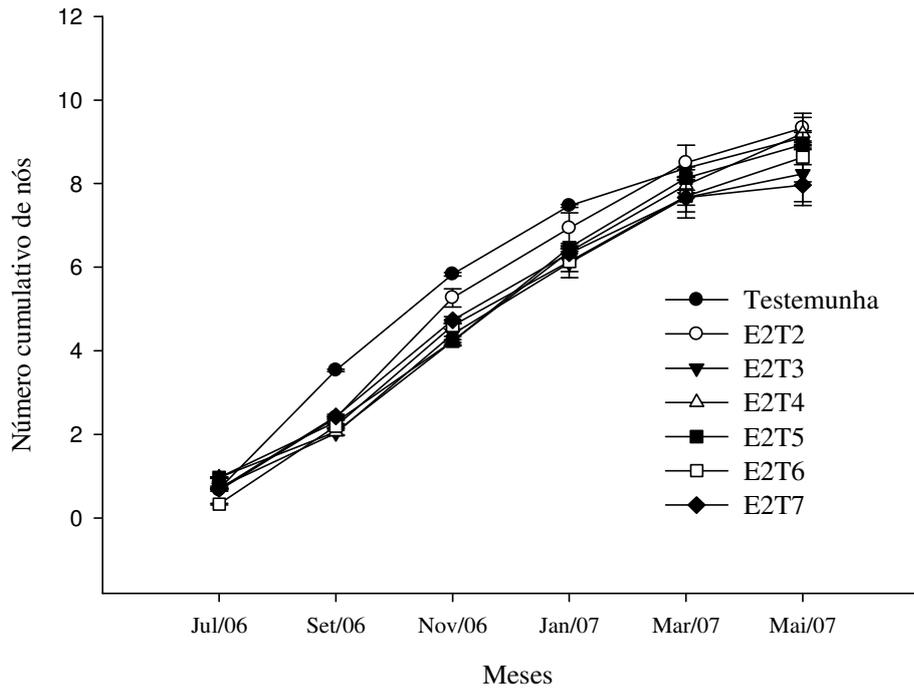


A

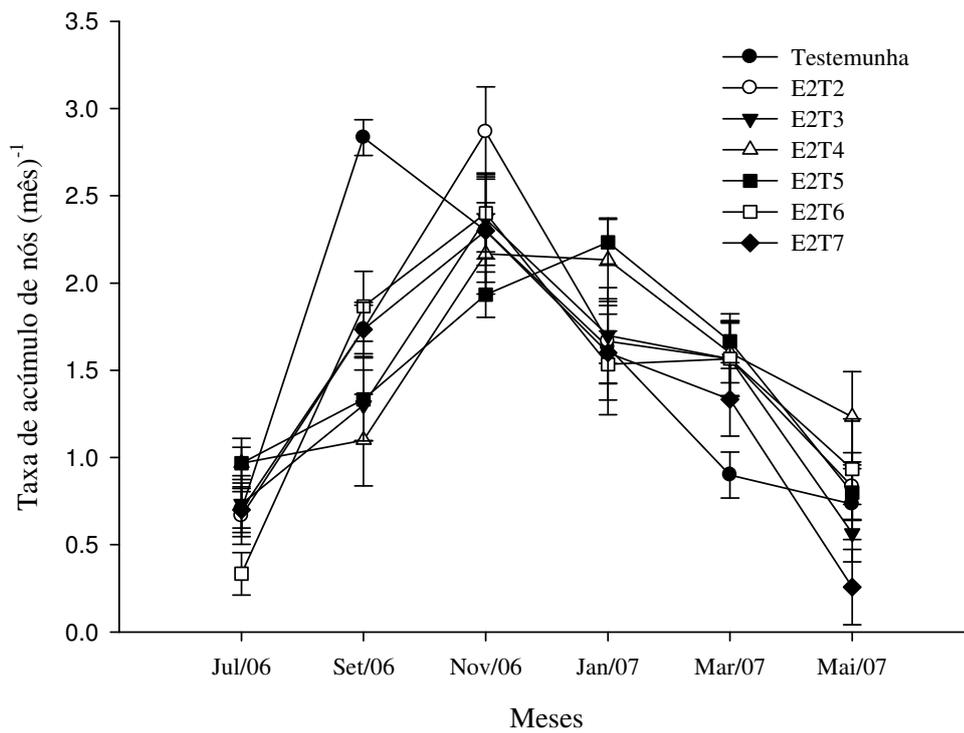


B

Figura 5: Número cumulativo de nós (A) e Taxa de acúmulo de nós (B) dos ramos plagiotrópicos das plantas de café para os tratamentos do experimento I, durante a safra de 2006/07. Barras indicam o erro padrão da média ($n=10$).



A



B

Figura 6: Número cumulativo de nós (A) e Taxa de acúmulo de nós (B) dos ramos plagiotrópicos das plantas de café para os tratamentos do experimento II, durante a safra de 2006/07. Barras indicam o erro padrão da média ($n=10$).

Tabela 6: Número cumulativo de nós durante o ano agrícola 2006/07 para os tratamentos do experimento I.

Tratamentos	Meses					
	Jul/06	Set/06	Nov/06	Jan/07	Mar/07	Mai/07
Testemunha	0,7 a	3,5 a	5,8 a	7,5 a	8,4 a	9,1 a
E1T2	0,2 b	1,6 b	4,4 b	7,0 a	8,1 a	9,1 a
E1T3	1,0 b	1,7 b	5,1 ab	7,2 a	8,1 a	9,1 a
E1T4	0,7 a	2,3 ab	5,0 ab	6,9 a	8,1 a	8,8 a

* Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7: Número cumulativo de nós durante o ano agrícola 2006/07 para os tratamentos do experimento II.

Tratamentos	Meses					
	Jul/06	Set/06	Nov/06	Jan/07	Mar/07	Mai/07
Testemunha	0,7 a	3,5 a	5,8 a	7,5 a	8,4 a	9,1 a
E2T2	0,7 ab	2,4 b	5,3 ab	6,9 a	8,5 a	9,3 a
E2T3	0,7 ab	2,0 b	4,4 ab	6,1 a	7,7 a	8,2 a
E2T4	1,0 a	2,1 b	4,2 b	6,4 a	8,0 a	9,2 a
E2T5	1,0 a	2,3 b	4,2 b	6,5 a	8,1 a	8,9 a
E2T6	0,3 b	2,2 b	4,6 ab	6,1 a	7,7 a	8,6 a
E2T7	0,7 ab	2,4 b	4,7 ab	6,3 a	7,7 a	8,0 a

* Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.5. Manejo da irrigação

Na figura 7 está mostrada a variação da umidade do solo em função do balanço hídrico estimado pelo software IRRIPLUS[®]. A irrigação foi manejada com objetivo de impedir que a umidade da camada de solo entre 0 a 60 cm de profundidade ficasse abaixo da umidade mínima recomenda para o ótimo desenvolvimento da cultura (umidade de segurança), salvo o período em que as plantas dos tratamentos, exceto a testemunha, foram submetidas a tal situação propositalmente. Esse procedimento manteve a umidade do solo acima de 50% da água disponível entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, para ambos os experimentos, uma vez que a irrigação das plantas de todos os tratamentos, exceto no período de restrição hídrica, foi manejada da mesma forma.

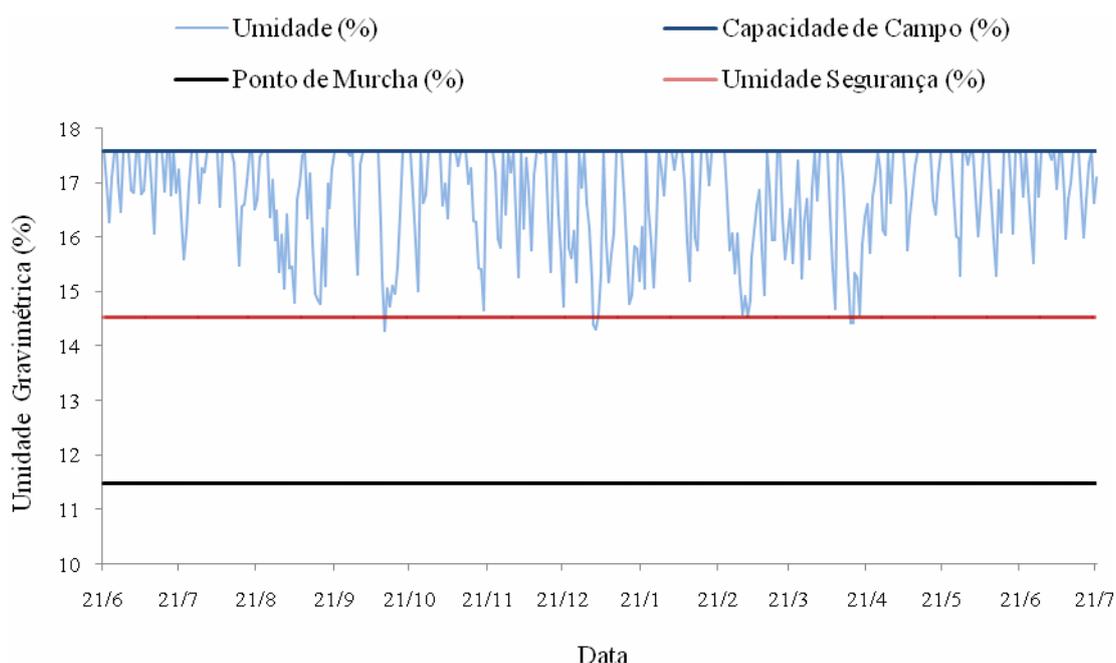


Figura 7: Variação da umidade do solo na profundidade de 0 a 60 cm, em função do balanço hídrico estimado pelo software IRRIPLUS[®], para ambos os experimentos, exceto no período em que as plantas dos tratamentos, fora a testemunha, estavam submetidas a déficit hídrico.

Na Tabela 8 e 9 é mostrada a lâmina total aplicada ao cafeeiro durante a safra 2006/07. Nas plantas da testemunha, aplicou-se a maior lâmina em função delas não terem sido submetidas a déficit hídrico. Observa-se que, no experimento I, a maior economia hídrica foi alcançada nas plantas do tratamento E1T2, seguida do E1T3, com

redução na lâmina de 37,7 e 31,0 %, respectivamente. No experimento II, as plantas dos tratamentos E2T4, E2T5, E2T3 e E2T2 tiveram uma redução nas lâminas de irrigação, em relação às das plantas da testemunha, na ordem de 39,3, 37,6, 36,9 e 31,1 % respectivamente. A redução significativa das lâminas de irrigação, nas plantas dos tratamentos que foram submetidos a déficit hídrico, deve-se principalmente a ausência de irrigação nos meses de julho e agosto de 2006, uma vez que a soma para esse período correspondeu a 25,7 % do volume total aplicado na safra 2006/07.

Tabela 8: Lâminas de água (mm) aplicadas a cafeeiros, com aproximadamente 4,5 anos de idade, na safra 2006/07, estimados a partir do software IRRIPLUS[®], em função do balanço hídrico para os tratamentos do experimento I.

Mês	Tratamentos			
	Testemunha	E1T2	E1T3	E1T4
Junho/06	21	0	21	21
Julho/06	93,3	0	6,9	93,3
Agosto/06	110,9	0	0	58,5
Setembro/06	94,9	21,2	73,2	27,4
Outubro/06	62,1	62,1	62,1	62,1
Novembro/06	16,1	16,1	16,1	16,1
Dezembro/06	20,5	20,5	20,5	20,5
Janeiro/07	30,1	30,1	30,1	30,1
Fevereiro/07	10,7	10,7	10,7	10,7
Março/07	66,6	66,6	66,6	66,6
Abril/07	57,8	57,8	57,8	57,8
Mai/07	136,4	136,4	136,4	136,4
Junho/07	72,9	72,9	72,9	72,9
Total (mm)	793,3	494,4	574,3	673,4
Redução na irrigação (%)	-	37,7	31,0	15,1

Tabela 9: Lâminas de água (mm) aplicadas a cafeeiros, com aproximadamente 4,5 anos de idade, na safra 2006/07, estimados a partir do software IRRIPLUS®, em função do balanço hídrico para os tratamentos do experimento II.

Mês	Tratamentos						
	Testemunha	E2T2	E2T3	E2T4	E2T5	E2T6	E2T7
Junho/06	21	0	0	21	21	21	21
Julho/06	93,3	0	0	6,9	6,9	93,3	93,3
Agosto/06	110,9	0	0	0	0	58,5	58,5
Setembro/06	94,9	73,7	27,4	0	0	0	0
Outubro/06	62,1	62,1	62,1	42,4	56,3	42,4	56,3
Novembro/06	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1
Dezembro/06	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5
Janeiro/07	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1
Fevereiro/07	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
Março/07	66,6	66,6	66,6	66,6	66,6	66,6	66,6
Abril/07	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8
Mai/07	136,4	136,4	136,4	136,4	136,4	136,4	136,4
Junho/07	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9
Total (mm)	793,3	546,9	500,6	481,4	495,3	626,3	640,2
Redução na irrigação (%)	-	31,1	36,9	39,3	37,6	21,1	19,3

4. DISCUSSÃO

Vários trabalhos já constataram a importância do déficit hídrico para uniformização da florada em cafeeiros (Alvim, 1960; Crisosto et al., 1992; Drinnam e Menzel, 1994; Rena e Maestri, 2000; Guerra et al., 2006). A região do Oeste da Bahia proporciona condições climáticas favoráveis ao uso do déficit hídrico na cultura do café, durante o período que antecede a florada. Esse local apresenta um inverno seco com ausência de precipitação durante os meses de junho a setembro e com concentração da estação chuvosa de outubro a março. Além disso, o clima oferece uma demanda hídrica crescente a partir do mês de junho, atingindo-se o máximo em setembro, o que é favorável à imposição de déficits hídricos mais acentuados. Aliado a esses fatores, a cafeicultura naquela região é completamente dependente da irrigação. Dessa forma, consegue-se manipular um dos elementos responsáveis pelo estímulo à abertura do botão floral, após um período de dormência associado a uma estação seca, que, nesse caso, é a água via irrigação (Alvim, 1960; Crisosto et al., 1992; Rena e Maestri, 2000).

O comportamento dos elementos climáticos em 20/09 foi decisivo na primeira florada das plantas da testemunha e nos tratamentos que estavam sob ψ_{am} , nessa ocasião, superior a - 0,9 MPa. Nessa data, percebeu-se uma interação favorável de todos os elementos climáticos que são responsáveis pelo estímulo à antese, como: precipitação (Rena e Maestri, 2000), queda nos valores de temperatura (Mes, 1957; Wormer e Gituanja, 1970; Barros et al., 1978; Drinnan e Menzel, 1995; Rena e Maestri, 2000; Soares, 2001), radiação solar e déficit de pressão vapor (Rena e Maestri, 2000). Naquela ocasião, observou-se que a precipitação não foi o elemento determinante como estímulo para abertura do botão floral, pois as plantas da testemunha apresentavam-se com as condições hídricas completamente estabelecidas, devido a irrigação constante e as plantas dos tratamentos sob déficit hídrico (E1T4, E2T5, E2T6, E2T7) apresentavam-

se com o Ψ_{am} superior ao mínimo (-1,2 MPa) sugerido por Magalhães e Angelocci et al. (1976), para que os botões reajam mais prontamente à água.

A uniformização da florada, nas plantas dos tratamentos que estavam submetidos a déficit hídrico, somente foi alcançada, após o estímulo da água via irrigação, nos tratamentos que se apresentavam com mais de 60% dos botões florais no estágio 4 de desenvolvimento. Rena et al. (2001) destacaram a importância de associar o déficit hídrico ao desenvolvimento do botão floral; segundo esses autores, para que o botão perceba o estímulo advindo da água, é necessário que o mesmo tenha sido submetido a algum déficit hídrico e esteja sensível ao estímulo. A magnitude do Ψ_{am} para as plantas desses tratamentos, esteve dentro de uma faixa de valores estabelecida por Silva (2004) e Magalhães e Angelocci (1976), que, respectivamente, recomendam valores inferiores a - 1,1 e -1,2 MPa, para que os botões percebam o estímulo advindo da água.

A imposição do déficit traz benefícios ao cafeeiro, quando, além de uniformizar a florada, uniformiza também a maturação dos frutos sem reduzir a produtividade (Rena e Maestri, 2000). Segundo Cannell (1983), citado por Rena e Maestri (1986), por questões óbvias, a uniformidade de maturação é dependente da uniformidade de floração. No entanto, não foi verificada uma uniformização de maturação nos tratamentos que uniformizaram a florada em 06/10. Possivelmente, o estímulo à abertura do botão floral, ocasionado pelas mudanças nos elementos climáticos em 20/09 contribuiu para que alguns botões florais das plantas desses tratamentos chegassem à antese. Em adição, o Ψ_{am} permaneceu, para as plantas desses tratamentos, abaixo de -1,2 MPa, como consequência, um maior número de botões ficaram sensíveis àquele estímulo. Assim, sugere-se que as plantas destes tratamentos obtiveram outra florada na data de 26/09, pouco representativa, mas que contribuíram para os índices de grãos verdes, apesar de menores, fossem estatisticamente semelhantes aos dos cafeeiros plenamente irrigados. Ainda com relação ao comportamento do clima, à elevação da temperatura média, acima de 27°C, e a queda da umidade relativa do ar, abaixo de 48%, ocorridas entre 06 e 07/10, provavelmente ocasionaram redução na produtividade, nos tratamentos que floriram nessa data, em função da formação de flores “estrelinhas” (Mes, 1956) e conseqüente abortamento de flores (Went, 1957), que se refletiram na baixa relação de número de frutos colhidos e flores emitidas.

Já as plantas dos tratamentos que uniformizaram a florada em 15/09, apresentando Ψ_{am} antes do reinício das irrigações de -1,2 a -1,6 MPa, com mais de 60%

dos botões florais no estágio 4 de desenvolvimento, obtiveram uniformidade de maturação e apresentaram produtividade, estatisticamente, semelhante à das plantas da testemunha. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2004), onde o autor conclui que déficits hídricos na ordem de -1,1 a -1,6 MPa foram mais efetivos na sincronização das floradas aliando uniformidade com boa produção. No entanto, Guerra et al. (2006) afirmaram que Ψ_{am} na ordem de -1,5 e -2,0 MPa antes do retorno da água via irrigação, proporciona produtividades superiores às das plantas do tratamento plenamente irrigado e que a uniformidade de floração e maturação somente foi alcançada no tratamento que apresentou Ψ_{am} de -2,0 MPa. Essa diferença, na uniformização da florada, entre os resultados obtidos por Guerra et al. (2006) e o presente trabalho, para a mesma magnitude de Ψ_{am} , possivelmente está atribuída a sincronização dos botões florais no estágio 4 de desenvolvimento, não alcançada pelo trabalho de Guerra et al. (2006) no tratamento que atingiu o Ψ_{am} de -1,5 MPa. Estes dados indicam, que a decisão do retorno da irrigação, desde que o Ψ_{am} tenha atingido o mínimo estabelecido para que o botão seja perceptível ao estímulo da água, é a sincronização do botão floral no estágio 4 de desenvolvimento.

A maior taxa de acúmulo de nós, após o restabelecimento das necessidades hídricas dos cafeeiros que foram submetidos a déficit hídrico, demonstra a existência de um crescimento compensatório em relação ao das plantas de café que vinham sendo constantemente irrigadas, suportando observações prévias de Guerra et al. (2006). Rena e Maestri (2000) já relatavam a existência do crescimento compensatório, afirmando que lavouras de café bem conduzidas não só resistem satisfatoriamente a longos períodos de estiagem, como também se recuperam muito rapidamente, após o fim de um período seco. Dessa forma, espera-se que a produtividade do ano subsequente, após o uso do déficit hídrico não fique prejudicada, pois o número de nós acumulados ao final do ano agrícola foi o mesmo das plantas que foram constantemente irrigadas.

Por fim, o uso de déficit hídrico proporcionou redução nas lâminas de água aplicada ao cafeeiro, uma vez que o período de déficit é justamente o de maior necessidade de suprimento de água via irrigação, devido à ausência de chuvas. Portanto conseguiu-se, nos tratamentos que tiveram êxito na uniformidade de florada e maturação dos frutos, sem queda na produtividade, uma redução de 31% a lâmina total aplicada as plantas do tratamento plenamente irrigado.

5. CONCLUSÃO

A interação entre o ψ_{am} , comportamento dos elementos climáticos e sincronização dos botões florais no estágio 4 de desenvolvimento foi decisiva no desempenho dos cafeeiros submetidos a déficit hídrico. Atingindo-se os limiares de ψ_{am} abaixo de -1,2 MPa, estando os botões florais sincronizados no estágio 4 de desenvolvimento e possibilitando a floração fora do período da ocorrência de temperaturas elevadas, o déficit hídrico promoveu a uniformidade da floração associada à maturação dos frutos sem decréscimos significativos na produtividade. Constatou-se que atingindo os limiares mínimos de ψ_{am} , o elemento determinante na uniformidade de floração seria a sincronização dos botões florais no estágio 4 de desenvolvimento. Caso ocorra alguma mudança nos elementos climáticos que desencadeie a florada, antes de atingirem-se os critérios aqui discutidos, sugere-se, via irrigação, restabelecer as necessidades hídricas do cafeeiro para que a produtividade não seja prejudicada.

6. REFERÊNCIAS

Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).

Alvim, P.T. 1973. Factors affecting flowering of coffee. New York: Plenum, SBR, A M. ed Genes Enzymes and Population. p.193-202.

Barros, R.S.; Maestri, M.; Coons, M. P. 1978. The physiology of flowering in coffee. A review. Journal of Coffee Research, v.8, p.29-73.

Bernardo, S.; Soares, A.A.; Mantovani, E.C. 2005. Manual de Irrigação. 7. ed., Viçosa, UFV / Imprensa Universitária. 611 p.

Camayo, V.G.C.; Arcila, P.J. 1996. Estudio anatómico y morfológico de la diferenciación y desarrollo de las flores del cafeto *Coffea arabica* L. variedad Colombia. Cenicafé, Bogotá, v. 47, n. 3, p.121-139.

Castillo, Z.J.; López, A.R. 1966. Nota sobre el efecto de la intensidad de la luz en la floración del café. Cenicafé. v. 17, p.51-60.

Carr, M.K.V. 2001. The water relations and irrigation requirements of coffee. Experimental Agriculture, v.37, p.1-36.

Crisosto, C.H.; Grantz, D.A.; Meinzer, F.C. 1992. Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.) Tree Physiology, v.10, p.127-139.

Drinnan, J.E.; Menzel, C.M. 1994. Synchronization of anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) following water stress during floral initiation. Journal of Horticultural Science. v.69, p.841-849.

Drinnan, J.E.; Menzel, C.M. 1995. Temperature affects vegetative growth and flowering of coffee (*Coffea arabica* L.). Journal of Horticultural Science. v.70, p.25-34.

Guerra, F.; Rocha, O.C.; Rodrigues, G.C.; Sanzonowicz, C. 2006. Manejo da irrigação do cafeeiro, com estresse hídrico controlado, para uniformização de florada. In: Zambolim, L. (E.D.) Boas Práticas Agrícolas na Produção de Café. p.83-116.

Gutiérrez, M.V.; Meinzer, F.C. 1994. Estimating water use and irrigation requirements of coffee in Hawaii. *Journal of American Society of Horticulture Science*, v.119, n. 3. p.652-657.

Keller, J.; Bliesner, R. D. 1990. *Sprinkle and trickle irrigation*. Van Nostrand Reinold, New York. 652 p.

Kumar, D. 1979. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. A review. *Kenia Coffee*, v.44, p.9-47

Magalhães, A.C; Angelocci, L.L. 1976. Sudden alterations in water balance associated with flower bud opening in coffee plants. *Journal of Horticultural Science*, n. 51, p. 419-423.

Mantovani, E.C. Fertirrigação em café. 2000 In: ITEM. Cafeicultura Irrigada. Setembro. p. 45-50.

Mantovani, E.C. 2003. Irrigação de fruteiras tropicais: Utilização do sistema “IRRIGA”. V encontro sobre manejo integrado de doenças e pragas: Produção integrada de fruteiras tropicais. Viçosa – MG. 587p.

Mantovani, E.C.; Vicente, M.R.; Alves, M.E.B; Bomfim, H.N. 2006. Irrigação como fator de qualidade do café. In: Zambolim, L. (E.D.) Boas Práticas Agrícolas na Produção de Café. Viçosa, MG. p. 117-166

Matiello, J.B. 1997. Gosto do meu cafezal – PROCAFÉ-RJ, 262p.

Mes, M.G. 1956. Studies on the flowering of *Coffea arabica* L. The influence of temperature on the initiation and growth of coffee flower buds. *Portugaliae Acta Biológica (Sér. A)*, Lisboa. p.28-41.

Portères, R. 1946. Action de l'eau, après une période sèche, sur le déclenchement et la floraison chez *Coffea arabica* L. *Agronome Tropicale*, v.1, p.148-58.

Rena, A.B.; Maestri, M. 1986. Fisiologia do Cafeeiro. In: Rena, A.B.; Malavolta, E.; Rocha, M.; Yamada, T. (Eds.) *Cultura do cafeeiro-Fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba-SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.13-106.

Rena, A.B.; Maestri, M. 2000. Relações hídricas no cafeeiro. In: ITEM. *Irrigação e Tecnologia Moderna*. p.64-73.

Scholander, P.F.; Hammel, H.T; Bradstreet, E.D.; Hemmingsen, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148, p.339-346.

Schuch, U.K.; Fuchigami, L.H.; Nagao, M. A. 1992. Flowering, ethylene production, and ion leakage of coffee in response to water stresses and giberellic acid. *Journal American Society Horticultural Science*. 117, p.158-163

Silva, E.A. 2004. Influência de distintas condições edafoclimáticas e do manejo de irrigação no florescimento, produção e qualidade de bebida do café (*Coffea arabica* L.). Campinas. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas. 69p.

Smith, M. 1991. (Ed.) Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for predictions of crop water requirements. Rome: FAO. 45p.

Soares, A.R. 2001. Irrigação, fertirrigação, fisiologia e produção em cafeeiros adultos na região da Zona da Mata de Minas Gerais. Viçosa. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, 85 p.

Went, F. W. 1957. The experimental control of plant growth. New York, The Ronald Press. p. 164-8.