

MARCELO ROSSI VICENTE

EFEITOS DA IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO E NO
DESENVOLVIMENTO DO CAFEEIRO NA REGIÃO OESTE DA BAHIA

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

MARCELO ROSSI VICENTE

**EFEITOS DA IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO E NO
DESENVOLVIMENTO DO CAFEEIRO NA REGIÃO OESTE DA BAHIA**

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

APROVADA: 06 de maio de 2010.

Prof. André Luis Teixeira Fernandes
(Coorientador)

Dr. Antônio de Pádua Alvarenga

Prof. Rubens Alves Oliveira

Prof. Luís César Dias Drumond

Prof. Everardo Chartuni Mantovani
(Orientador)

Aos meus pais Manuel e Dilene, que tanto me apoiaram e acreditaram que
seria possível.

DEDICO

AGRADECIMENTO

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por tudo e principalmente pelo auxílio nos momentos de dúvida.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais), pela oportunidade de realizar este treinamento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa para realização do curso.

Ao Consórcio Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CNP&D) e ao Banco do Nordeste do Brasil S/A, pelo financiamento deste trabalho.

A meus pais, minha filha Alice, minha irmã Mirella e meu sobrinho Arthur, pelo amor incondicional e incentivo, contribuindo assim de forma significativa, para o cumprimento desta etapa.

Ao Professor Everardo Chartuni Mantovani, pela orientação, amizade, confiança e paciência durante todo o período de trabalho e de curso.

Aos Professores coorientadores André Luís Teixeira Fernandes e Júlio César Lima Neves, pela amizade, colaboração e assistência durante os trabalhos.

Aos professores e funcionários do DEA, pelos ensinamentos e pela oportunidade de convívio diário.

A toda equipe da Fazenda Café do Rio Branco, em especial ao seu proprietário, Glauber de Castro “Binho” e aos gerentes Adriel e Sr. Jair, pela colaboração irrestrita na condução dos experimentos.

A toda a equipe de pesquisa da Fundação BA, em especial aos técnicos Edmilson Marques e Gessivaldo, pelo suporte e colaboração. Ao amigo Edmilson e sua família, reitero aqui o agradecimento, pela amizade sincera e companheirismo.

Aos amigos, Francisco (Xicó), Eugenio, Caio e Elias, além da amizade, pela enorme colaboração no trabalho.

Aos meus colegas e ex-colegas do Programa de Pós-Graduação Fernando, Adilson, Rafael, Fabiano, M. Emilia, Dani, Gustavo Haddad, Gustavinho, José Antonio, Darik, Breno, Fabrício Contin, Samuel, Geraldo e a todos os outros que deram a sua contribuição a esta pesquisa, pelo companheirismo.

A todos os meus amigos e companheiros das empresas Irriplus e Irriger, pela paciência, pelo incentivo e pela colaboração.

Ao meu amigo Francisco (Chiquinho) e sua família, pela amizade sincera e companheirismo.

Aos amigos do Bar do Zetti e do Bar do Zé Maria (Posto Caçula) pelas conversas agradáveis.

A todos os meus familiares e amigos, pelo incentivo durante a realização do curso.

A todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

MARCELO ROSSI VICENTE, filho de Manuel Vicente Vicente e Dilene Rossi Vicente, nasceu em Colatina, ES, em 19 de março de 1978.

Em 1996, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, graduando-se em agosto de 2001.

De março de 2002 até maio de 2004, foi bolsista do Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (PNP&D/Embrapa-Café).

Em agosto de 2003, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola, área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais, da UFV, concluindo em julho de 2005.

Em agosto de 2005, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Engenharia Agrícola, área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais, da UFV, submetendo-se à defesa de tese em maio de 2010.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS	4
CAPÍTULO 1 - EFEITO DA IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO DO CAFEIEIRO NA REGIÃO OESTE DA BAHIA.....	6
1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
2.1. Caracterização física do solo da área experimental	12
2.2. Manejo da irrigação	13
2.3. Descrição dos experimentos.....	15
2.4. Avaliações realizadas	15
2.5. Avaliações do sistema radicular do cafeeiro	17
2.6. Análises estatísticas	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
3.1 Condições climáticas	21
3.2. Manejo da irrigação	22
3.3. Produtividade e outras variáveis	26
3.4. Análises do sistema radicular	31

	Página
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	39
5. REFERÊNCIAS	41
CAPÍTULO 2 - EFEITO DA FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO DO CAFEIEIRO NA REGIÃO OESTE DA BAHIA.....	49
1. INTRODUÇÃO.....	52
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	55
2.1. Caracterização física do solo da área experimental	55
2.2. Descrição dos tratamentos	56
2.3. Manejo da irrigação	57
2.4. Avaliações realizadas	58
2.5. Avaliações do sistema radicular do cafeeiro	59
2.6. Análises estatísticas	62
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
3.1 Condições climáticas e manejo da irrigação	63
3.2. Produtividade e outras variáveis	65
3.3. Análises do sistema radicular	75
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	81
5. REFERÊNCIAS	83

RESUMO

VICENTE, Marcelo Rossi, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2010. **Efeitos da irrigação e fertirrigação na produção e no desenvolvimento do cafeeiro na região oeste da Bahia.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Coorientadores: Júlio César Lima Neves e André Luís Teixeira Fernandes.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos da irrigação e da fertirrigação sobre a produção, o desenvolvimento e o sistema radicular do cafeeiro irrigado por gotejamento na região Oeste da Bahia. Para isso, foram implantados dois experimentos na fazenda Café do Rio Branco, localizada em Barreiras – BA, em cafeeiros adultos, aproximadamente 3,5 anos de idade, da variedade Catuaí Vermelho IAC 144. O primeiro experimento foi montado no delineamento em blocos casualizados, composto de 5 tratamentos, correspondentes à 75, 85, 100, 125 e 150% da lâmina de irrigação calculada pelo software Irriplus. Já o segundo experimento foi montado em um esquema fatorial 3 x 3, com três níveis de adubação nitrogenada e potássica (900/800, 600/500 e 300/250 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O) em 3 parcelamentos mensais de fertirrigação (2, 4 e 8 vezes). Observou-se, ao final de quatro safras, efeito significativo da lâmina de irrigação na produtividade do cafeeiro. A produtividade máxima estimada (60 sc ha⁻¹) foi obtida com a lâmina correspondente a 122% da lâmina de irrigação. Não houve efeito das diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento vegetativo, na classificação por

peneira, no rendimento e na maturação dos frutos do cafeeiro. Com relação à fertirrigação, as doses de 600/500 e 900/800 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N/K₂O proporcionaram as maiores produtividades do cafeeiro e os parcelamentos em duas e oito vezes mensais foram superiores em produtividade. Não houve efeito das doses e do parcelamento da fertirrigação na maturação dos frutos do cafeeiro e na classificação por peneira dos grãos do café. Não se observou efeito dos tratamentos (lâminas de irrigação, doses e parcelamentos da fertirrigação) sobre a área foliar específica – AFE, porém as folhas com maior exposição ao sol da tarde (face norte) apresentaram valores de AFE menores que as folhas presentes na face sul. Em ambos os experimentos observou-se maior concentração de raízes, densidade de comprimento radicular - DCR e densidade radicular – DR, na camada superficial (0-20 cm) e sob a linha lateral (30 e 70 cm de distância do ramo ortotrópico). A lâmina de irrigação correspondente a 75% proporcionou maior concentração de raízes (DCR e DR) na camada de 0 a 10 cm. As menores doses de N e K₂O propiciaram um maior desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro.

ABSTRACT

VICENTE, Marcelo Rossi, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2010. **Effects of irrigation and fertigation on coffee plants production and development in the west of Bahia state.** Advisor: Everardo Chartuni Mantovani. Co-Advisors: Júlio César Lima Neves and André Luís Teixeira Fernandes

This study aimed to evaluate the effects of irrigation and fertigation on coffee plants development and production and on root system development under drip irrigation in the west of Bahia state. For this, two experiments were assembled at Café do Rio Branco Farm, in Barreiras, Bahia state, in 3.5-years-old coffee plants, Catuaí Vermelho IAC 144. The first experiment was performed in a randomized complete block design consisting of five treatments, 75, 85, 100, 125 and 150% of water depth calculated by the Irriplus software. The second experiment was performed in a 3 x 3 factorial design with three nitrogen and potassium levels (900/800, 600/500 and 300/250 kg ha⁻¹ yr⁻¹ of N and K₂O) in three frequencies of fertigation (2, 4 and 8 times per month). By the end of the fourth harvest, it was noted significant effect of irrigation on coffee yield. The maximum yield estimated (3600 kg ha⁻¹) was obtained by 122% of water depth. There was no significant effect of irrigation on vegetative growth, on sieve classification and on coffee fruit ripening. In relation to fertigation, the dosis of 600/500 and 900/800 kg ha⁻¹ yr⁻¹ N/K₂O showed the highest coffee yield and the frequency of two and eight times per month had higher yield.

There was no effect of the dosis and the fertigation frequency on coffee fruit ripening and on sieve classification. There was no significant effect of the treatments (irrigation and fertigation) on specific leaf area - SLA, but leaves with greater exposure to afternoon sun (North) showed lower SLA than leaves present on the South. In both experiments there was a greater concentration of roots, root length density, RLD, and root density, RD, on the topsoil (0-20 cm) and under the lateral line (30 and 70 cm from the orthotropic branch). The 75% irrigation water depth provided the highest roots concentration (RLD and RD) on the 10-cm soil layer. The lowest rates of N and K₂O provided a further development of the coffee root system.

INTRODUÇÃO GERAL

A utilização da irrigação na cafeicultura redesenhou a distribuição geográfica do cultivo do café no Brasil, incorporando áreas antes não recomendadas para o plantio e transformando-as em novos pólos de desenvolvimento da cultura e das regiões. Estimativas indicam que a cafeicultura irrigada atinge uma área em torno de 230 mil hectares, o que representaria cerca de 10% da cafeicultura brasileira. Segundo Santinato et al. (2008) as lavouras cafeeiras irrigadas estão concentradas, principalmente, nos estados de Minas Gerais (45%), Espírito Santo (33%), Bahia (13%) e, em menores áreas, em Goiás, Mato Grosso, Rondônia e São Paulo.

Nestas áreas têm sido implantados sistemas de irrigação que utilizam as mais modernas tecnologias visando produtividade, operacionalidade e economia de água. Destacam-se o uso da irrigação por gotejamento e por pivô central, em plantio circular, equipado com emissores *Quad Spray*, conhecidos popularmente como LEPA, que se refere à aplicação precisa de água com baixo consumo de energia (Low Energy Precision Application). Apesar da utilização de sistemas com grande potencial de utilização eficiente da água, a falta de adoção de planos técnicos de manejo da irrigação em nível de campo, pode comprometer todo esforço de obtenção de altas produtividades com economia de água e energia.

Os primeiros trabalhos consistentes de pesquisa em cafeicultura irrigada foram apresentados há quase 65 anos (MANTOVANI, 2000). Santinato e Fernandes (2002) citam que, apesar de os primeiros trabalhos experimentais

terem sido realizados no Instituto Agronômico de Campinas (IAC) a partir de 1946, foi a partir de 1984 que a irrigação do cafeeiro se tornou uma prática de cultivo, em consequência da implantação de lavouras nas áreas com déficits hídricos.

Silva et al. (2005) apresentaram resultados de quatro safras e concluíram que a prática da irrigação em Lavras - MG, região considerada apta ao cultivo do café sem a utilização desse recurso, produziu efeitos significativamente positivos sobre a produtividade do cafeeiro. Já Silva et al. (2006), em um experimento realizado no município de Varre-Sai - RJ, região Noroeste Fluminense, em cafeeiros irrigados por gotejamento, submetidos a diferentes lâminas de irrigação, aplicadas com base na evapotranspiração de referência, observaram, após cinco safras, que os cafeeiros irrigados obtiveram aumento de 14% a 33% na produtividade em relação às testemunhas não irrigadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Soares et al. (2006) em Patrocínio – MG.

Vicente et al. (2007) observaram em cafeeiros irrigados por pivô central submetidos a diferentes lâminas de irrigação, na região Oeste da Bahia, que a produtividade média (duas safras) dos tratamentos com suplementação total de água foram superiores, em aproximadamente $7,0 \text{ sc ha}^{-1}$, aos tratamentos deficitários de água.

A irrigação por gotejamento possui as melhores condições de proporcionar alto controle e alta uniformidade na aplicação de água e fertilizantes. A alta uniformidade, próxima de 90%, proporciona maior eficiência da fertirrigação, sendo considerada, atualmente, como um dos mais importantes fatores de produtividade para a agricultura e tem sido citada como o método mais racional para a otimização da adubação (LÓPEZ, 1998). A possibilidade de parcelamento na aplicação dos fertilizantes é fundamental para o aproveitamento balanceado dos nutrientes, conforme as necessidades das plantas.

Um aspecto muito importante, principalmente quando se trabalha com sistemas de irrigação que aplicam água de forma localizada, é o desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro, uma vez que a localização da irrigação pode promover uma concentração do sistema radicular no bulbo ou faixa molhada. Fato semelhante acontece quando a adubação é feita

sempre do mesmo lado das plantas, como observado por Rena e Maestri (2000).

Considerando-se o exposto, o trabalho teve como objetivo:

Avaliar a influência da irrigação localizada e da fertirrigação sobre a produção, o desenvolvimento e o sistema radicular do cafeeiro nas condições do Oeste da Bahia.

REFERÊNCIAS

LÓPEZ, C.C. **Fertirrigacion cultivos horticolas y ornamentales**. Barcelona: Mundi-Prensa, 1998. 475p.

MANTOVANI, E. C. Cafeicultura irrigada: bases tecnológicas para sustentabilidade. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Palestras...** Brasília: Embrapa Café, 2002. p. 45-81.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Relações hídricas no cafeeiro. In: **ITEM – Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, n. 48, p.64-73, set. 2000.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Belo Horizonte: Ed. O Lutador, 2002. 251p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. ; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Uberaba: O Lutador, 2008. v. 1. 483 p.

SILVA, A. M. da.; COELHO, G.; SILVA, R. da. Épocas de irrigação e parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro, em quatro safras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.3, p.314-319, 2005.

SILVA, M. G.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; GOMES, M. C. R.; PINTO, J. P. Produtividade do café arábica, cultivar Catuaí, sob diferentes lâminas de irrigação, em 5 safras consecutivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 8., 2006, Araguari. **Anais...** p.70-74.

SOARES, A. R.; MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.A.; COELHO, M.B.; RENA, A.B.; BATISTA, R.O. Efeito de diferentes lâminas de irrigação no crescimento e produção do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, v.14, n.2, p.107-114, 2006.

VICENTE, M. R.; MANTOVANI, E. C.; FERNANDES, A. L. T.; FIGUEREDO, E. M. Efeitos de diferentes lâminas de irrigação na produtividade do cafeeiro irrigado por pivô central equipado com emissores LEPA no oeste da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 9., 2007, Araguari. **Anais...** p.104-107.

CAPÍTULO 1

EFEITO DA IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO DO CAFEIRO NA REGIÃO OESTE DA BAHIA

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação sobre a produção, o desenvolvimento e o sistema radicular do cafeeiro irrigado por gotejamento na região Oeste da Bahia. Realizou-se o trabalho na fazenda Café do Rio Branco, localizada em Barreiras - BA em cafeeiros adultos, aproximadamente 3,5 anos de idade, da variedade Catuaí Vermelho IAC 144. O experimento foi montado no delineamento em blocos casualizados, composto de 5 tratamentos, correspondentes à 75, 85, 100, 125 e 150% da lâmina de irrigação determinada pelo software Irriplus. As variáveis analisadas no experimento foram: produtividade, maturação, crescimento, rendimento e peneira, área foliar específica (AFE), além de avaliações do desenvolvimento do sistema radicular. Ao final de quatro safras observou-se efeito significativo da lâmina de irrigação na produtividade do cafeeiro, sendo que a produtividade máxima estimada (60 sc ha^{-1}) foi obtida com a lâmina correspondente a 122% da lâmina de irrigação. Não houve efeito das diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento vegetativo, na classificação por peneira, no rendimento e na maturação dos

frutos do cafeeiro nas condições do experimento. Não se observou também efeito das lâminas de irrigação sobre AFE, porém as folhas com maior exposição ao sol da tarde (face norte) apresentaram valores de AFE menores que as folhas presentes na face sul. Observou-se maior concentração de raízes, densidade de comprimento radicular - DCR e densidade radicular – DR, na camada superficial (0-20 cm) e sob a linha lateral (30 e 70 cm de distância do ramo ortotrópico). A lâmina de irrigação correspondente a 75% proporcionou maior concentração de raízes (DCR e DR) na camada de 0 a 10 cm.

CHAPTER 1

EFFECTS OF IRRIGATION ON COFFEE PLANTS PRODUCTION AND DEVELOPMENT IN THE WEST OF BAHIA STATE

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of irrigation on coffee plants development and production and on root system development under drip irrigation in the west of Bahia state. For this, one experiment was assembled at Café do Rio Branco Farm, in Barreiras, Bahia state, in 3.5-years-old coffee plants, Catuaí Vermelho IAC 144. The experiment was performed in a randomized complete block design consisting of five treatments, 75, 85, 100, 125 and 150% of water depth calculated by the Irriplus software. By the end of the fourth harvest, it was noted significant effect of irrigation on coffee yield. The maximum yield estimated (3600 kg ha^{-1}) was obtained by 122% of water depth. There was no significant effect of irrigation on vegetative growth, on sieve classification and on coffee fruit ripening. There was no significant effect of the treatments on specific leaf area, SLA, but leaves with greater exposure to afternoon sun (North) showed lower SLA than leaves present on the South. There was a greater concentration of roots, root length density, RLD, and root density, RD, on the topsoil (0-20 cm) and under the lateral line (30 and 70 cm from the orthotropic branch). The 75% irrigation water depth provided the highest roots concentration (RLD and RD) on the 10-cm soil layer.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil conta atualmente com uma área expressiva de cafeicultura irrigada, sendo que as áreas mais importantes estão localizadas no cerrado de Minas Gerais MG, norte do Espírito Santo e no oeste da Bahia.

O oeste baiano destaca-se pela implantação de lavouras cafeeiras totalmente irrigadas (14.000 ha), com especial destaque para o uso da irrigação por pivôs centrais de aplicação localizada, com média de produtividade de aproximadamente 57 sacas de café beneficiadas por hectare (AIBA, 2007).

Mesmo em áreas tradicionais de cafeicultura, a irrigação é justificada pelo fato destas sofrerem na maioria das vezes o efeito de estiagens prolongadas nos períodos críticos de demanda de água pelo cafeeiro, como observaram Soares (2001) para Viçosa-MG, Silva et al. (2005) para Lavras-MG e Garcia et al. (2006) para Varginha-MG.

O manejo da irrigação é uma atividade complexa, em função de variar com o clima, o solo, a planta, o sistema de irrigação e a mão de obra. Assim, não pode ser considerado uma etapa independente dentro do processo de produção agrícola, tendo, por um lado, o compromisso com a produtividade da cultura explorada, e por outro, o uso eficiente da água, promovendo a conservação do meio ambiente.

Scalco et al. (2004), trabalhando em Lavras, MG, com cinco critérios para o estabelecimento do início das irrigações, sendo quatro critérios baseados na tensão de água no solo (20, 60, 100 e 140 kPa) e um

fundamentado no balanço hídrico, utilizando o Sistema de Suporte à Decisão Agrícola (Sisda), precursor do *software* Irriplus, em uma lavoura cafeeira de primeira produção, observaram as maiores produtividades nos tratamentos em que as irrigações eram recomendadas pelo Sisda e com tensão de água no solo correspondente a 20 kPa.

Vicente et al. (2006), trabalhando na região oeste da Bahia com manejo da irrigação do cafeeiro baseado nas informações meteorológicas, observaram resultados satisfatórios das umidades do solo estimadas pelo programa Irriga-Gesai (precursor do *software* Irriplus) quando comparadas com as umidades determinadas por tensiometria, além de observarem a maior operacionalidade do manejo da irrigação baseado nas informações meteorológicas.

A produtividade do cafeeiro é a variável mais importante a ser quantificada quando se trabalha com pesquisas relacionadas à irrigação. Entretanto, existe a necessidade de se estudar os atributos de desenvolvimento e qualidade. Um exemplo é a redução no crescimento que significa menor produção de nós disponíveis para a formação de flores, acarretando, conseqüentemente, queda na produção de frutos. Também é de grande importância a relação entre o número de folhas e o número de gemas reprodutivas, pois uma desfolha acentuada pode afetar a produtividade do ano seguinte.

A rentabilidade de uma lavoura cafeeira não é medida apenas pela produtividade obtida, mas também pela qualidade do produto. A qualidade é estimada pelo tamanho dos grãos (peneira) e pela qualidade de bebida. Esta segunda característica é muito influenciada pela uniformidade da maturação dos frutos, que depende inicialmente da uniformização da florada do cafeeiro e, posteriormente, de um adequado manejo da água, para que se evite o estresse hídrico em fases importantes da formação do grão (MANTOVANI et al. 2006).

Embora não se tenham muitas dúvidas sobre os acréscimos de crescimento e produtividade em virtude da irrigação no cafeeiro, o mesmo não se pode dizer dos efeitos da irrigação sobre a qualidade final do café. Encontram-se na literatura informações muito escassas e conflitantes sobre esse tema.

Acredita-se que a irrigação localizada possa promover uma concentração de raízes no volume de solo que armazena a água aplicada,

pois, fato semelhante acontece, quando a adubação é realizada sempre do mesmo lado das plantas, o que foi observado por Rena e Maestri (2000).

Este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da irrigação por gotejamento sobre a produção, o desenvolvimento e o sistema radicular do cafeeiro nas condições do Oeste da Bahia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi instalado um experimento, em cafeeiros adultos, aproximadamente 3,5 anos de idade, variedade Catuaí Vermelho IAC 144, irrigados por gotejamento, em novembro de 2004 na Fazenda Café do Rio Branco (Latitude: 11°48'01" Sul; Longitude: 45°35'50" Oeste; Altitude: 735m), município de Barreiras - BA. O período analisado foi de novembro de 2004 a maio de 2008.

2.1 Caracterização física do solo da área experimental

As análises texturais da área onde está instalado o experimento estão apresentadas na Tabela 1. Na Tabela 2 constam os valores de retenção de água do solo para as diversas tensões. Considerou-se a umidade do solo correspondente à tensão de 5 e 1540 kPa como a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, respectivamente.

Tabela 1. Composição granulométrica, classificação textural e massa específica do solo da área experimental

Profundidade (cm)	Composição granulométrica (%)			Densidade do solo (g/cm ³)	Classificação textural
	Areia	Silte	Argila		
0-20	65,53	2,23	32,24	1,57	Franco argilo arenoso
20-40	63,37	2,86	33,78	1,57	Franco argilo arenoso
40-60	57,20	2,83	39,97	1,47	Argila arenosa

Tabela 2. Valores de retenção de água do solo (% umidade em peso) para distintos níveis de tensão de água no solo, para a área experimental

Camadas (cm)	Tensão (kPa)									
	0,1	1	2	5	10	20	33	50	70	1540
0-20	26,85	21,80	21,19	16,88	15,13	13,93	13,49	12,71	12,10	11,16
20-40	27,00	23,35	21,54	16,56	14,85	13,82	13,34	12,76	12,22	11,39
40-60	29,72	24,99	24,14	19,27	16,57	14,93	14,36	13,51	12,72	11,84

Os valores médios de capacidade de campo e ponto de murcha do solo, no perfil 0-60 cm, foram de 17,57 e 11,46% em peso, respectivamente.

2.2 Manejo da Irrigação

No experimento utilizou-se o software Irriplus para o manejo da irrigação. O software Irriplus é um sistema de apoio e tomada de decisão para culturas irrigadas, sendo dividido em módulos voltados para o manejo de lavouras irrigadas e dispõe de um banco de dados climáticos oriundos da rede de estações do Inmet, informações sobre a planta, o solo e os diversos sistemas de irrigação (MANTOVANI et al., 2009). O software determina, em tempo real, o balanço hídrico através da integração dos dados de solo, água, planta, equipamento e clima, gerando as necessidades hídricas das culturas (lâmina de irrigação).

Determinou-se a demanda hídrica do cafeeiro, utilizando-se coeficientes de ajuste sobre a evapotranspiração de referência (ET_o). A lâmina bruta de irrigação foi calculada por meio de um balanço hídrico, em que as entradas de água foram a irrigação e a precipitação pluvial efetiva e as saídas, a evapotranspiração da cultura (ET_c) e percolação além da profundidade considerada para o sistema radicular. Utilizou-se a Equação 1, proposta por Doorenbos e Pruitt (1977), modificada por Mantovani e Costa (1998), para se estimar a evapotranspiração da cultura.

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \cdot K_s \cdot K_l \quad \text{eq.1}$$

em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura, em mm d⁻¹;

ETo = evapotranspiração de referência, em mm d⁻¹;

Kc = coeficiente de cultura, adimensional;

Ks = coeficiente de estresse hídrico, adimensional;

Kl = coeficiente de localização, adimensional.

O método de estimativa da ETo utilizado pelo Irriplus, de acordo com os elementos meteorológicos disponíveis (radiação solar, temperatura média, velocidade do vento e umidade relativa) foi o modelo de Penman-Monteith-FAO 56 (ALLEN et al., 1998). Os dados meteorológicos utilizados para a realização do experimento foram obtidos em uma estação agrometeorológica automática, marca Davis, modelo Vantage Pro, localizada na própria propriedade.

O valor do coeficiente de estresse (Ks) foi calculado utilizando-se o modelo logarítmico proposto por Bernardo et al. (2006), empregando a equação 2.

$$K_s = \frac{\ln(LAA + 1)}{\ln(CTA + 1)} \quad \text{eq. 2}$$

em que:

Ks = coeficiente de estresse;

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

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

O valor do coeficiente de localização da irrigação (Kl) foi calculado em função da porcentagem de área molhada ou sombreada, utilizando-se o modelo proposto por Keller e Bliesner (1990), conforme a equação abaixo.

$$Kl = 0,1\sqrt{P} \quad \text{eq.3}$$

em que:

Kl = coeficiente de localização de irrigação, adimensional;

P = porcentagem de área molhada ou sombreada, %.

No experimento, foram utilizados valores do coeficiente de cultura (K_c), porcentagem de área sombreada (P) e profundidade efetiva do sistema radicular de 1,0, 50% e 0,60 m, respectivamente. A porcentagem de área molhada foi de 30%.

2.3 Descrição dos tratamentos

O experimento foi implantado em cafeeiros adultos, com data de plantio em dezembro de 2002, no espaçamento 3,80 x 0,5 m (5.263 plantas ha^{-1}). Foi instalado com parcelas compostas de 10 m (20 plantas) sendo as 10 plantas centrais úteis. O delineamento foi o de blocos casualizados, com 4 repetições.

Na Tabela 3 observam-se os tratamentos correspondentes às lâminas de irrigação determinadas pelo software Irriplus e também as informações dos emissores utilizados.

Tabela 3. Porcentagem das lâminas de irrigação, vazão, distância entre emissores, fabricante e modelo dos emissores utilizados no experimento irrigado por gotejamento

Tratamento	% da lâmina de irrigação	Vazão ($L h^{-1}$)	Espac. entre emissores (m)	Fabricante	Modelo
1	75%	1,35	0,60	Plastro	Hydro PC
2	85%	2,00	0,80	Plastro	Tufftif
3	100%	2,20	0,75	Rain Bird	Drip Line
4	125%	2,20	0,60	Plastro	Super Tif
5	150%	2,20	0,50	Plastro	Super Tif

O manejo da irrigação foi feito baseado no Tratamento 3 do experimento, ou seja, a lâmina correspondente a 100%.

O valor do coeficiente de uniformidade de Christiansen do sistema de irrigação foi de 93,9 %. Valor este que correspondeu à eficiência de irrigação, considerando uma área adequadamente irrigada de 80%, segundo metodologia proposta por Keller e Bliesner (1990).

2.4 Avaliações realizadas

Para melhor controle as colheitas foram realizadas manualmente, sendo determinado o volume da produção de cada parcela, e retiradas duas amostras

de 5 L, a primeira para a determinação do rendimento e peneira e a segunda para a determinação do estágio de maturação dos frutos colhidos. Foram comparadas as produtividades médias de cada tratamento, sendo o resultado obtido convertido para uma área de 1 ha, ou seja, em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare (sc ha⁻¹).

Também foram comparadas as porcentagens médias de frutos nos estádios de maturação verde, passa e cereja de cada tratamento.

A classificação quanto ao tamanho do grão (peneira) foi feita com amostra de aproximadamente 300 g e obtida pelas porcentagens de grãos retidos nas peneiras.

Para avaliação do desenvolvimento vegetativo, foram avaliados a altura de planta, os diâmetros de copa e de caule.

Realizou-se, com o uso de uma trena graduada em centímetros, a medição da altura e do diâmetro da copa. Para a medição do diâmetro de copa determinou-se o comprimento perpendicular à linha de plantio como referência. Para a determinação do diâmetro do caule utilizou-se um paquímetro (0,05 mm) sendo a medição feita a 5 cm do solo.

Também foi determinada a área foliar específica (AFE), calculada com a aplicação da seguinte equação.

$$AFE = \frac{AF}{MS} \quad \text{eq. 4}$$

em que:

AFE = área foliar específica, em cm² g⁻¹

AF = área foliar, em cm²; e

MS = massa das folhas secas, em g.

Para a determinação da AFE foi feita a coleta de folhas nos ramos produtivos, o 3^o e do 4^o pares de folhas, contando a partir do ápice, na altura média da planta, metodologia similar à proposta por Malavolta et al. (1993) e Martinez et al. (1999) para a coleta de folhas para análise química, nas 10 plantas úteis de cada parcela. Foram retiradas folhas voltadas para as faces norte e sul.

Após as coletas, as imagens das folhas foram digitalizadas em arquivos JPG (*Joint Photographic Experts Group*) e processadas para a obtenção das áreas no software Quanntroot (AMARAL, 2002). A matéria seca foi determinada em balança analítica no laboratório, após secagem em estufa a 60°C por tempo suficiente para obtenção de massa constante das folhas.

2.5 Análise do sistema radicular do cafeeiro

Para amostragem do sistema radicular, foi utilizado um trado tipo sonda (Figura 1) com 72 mm de diâmetro e 1,30 m de comprimento, em pontos determinados a 0,30; 0,70 e 1,10 m de distância do ramo ortotrópico principal, dos dois lados da planta e perpendicularmente à linha (Figura 2). Foram retiradas amostras nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20; 0,30-0,40; 0,50-0,60; 0,70-0,80 e 0,90-1,00 m. A amostragem foi feita em uma planta em cada parcela dos tratamentos 1, 3 e 5, em 3 repetições. A amostragem foi realizada em outubro de 2008.



Figura 1. Trado tipo sonda utilizado na amostragem do sistema radicular do cafeeiro.

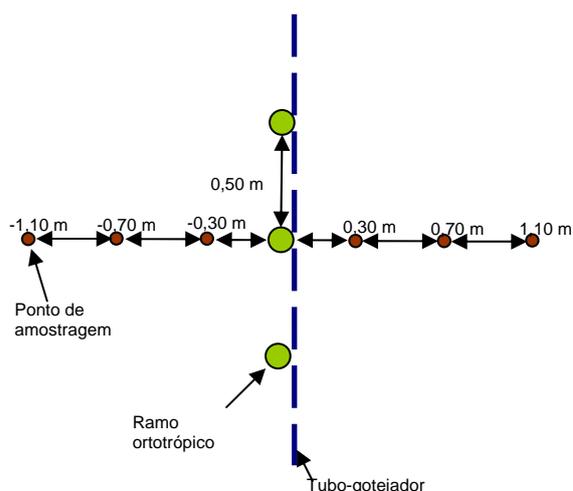


Figura 2. Posições de amostragens, em relação á linha de plantio e a linha lateral (tubogotejador), para a avaliação do sistema radicular do cafeeiro.

Após a retirada, as amostras de solo e raiz foram colocadas sobre uma peneira de malha 2 mm e com auxílio de jatos de água foi feita a separação do solo e das raízes.

Em seguida, as raízes foram conservadas em uma solução com 50% de álcool e posteriormente feita a classificação de acordo com o diâmetro, considerando raízes grossas (> 3 mm), raízes médias ou de suporte das absorventes (1 a 3 mm) e raízes finas ou absorventes (< 1 mm), conforme classificado por Rena e DaMatta (2002). Após a classificação, as raízes foram dispostas em folhas de transparência para o processamento das imagens obtidas em um scanner, com resolução de 300 dpi, em arquivos JPG e processadas para a obtenção do comprimento e diâmetro das raízes no software Quantroot (AMARAL, 2002).

Posteriormente determinou-se a matéria seca em balança analítica, após secagem em estufa a 60°C por tempo suficiente para obtenção de massa constante das raízes.

O comprimento das raízes permitiu determinar a densidade de comprimento radicular (DCR), pela Equação 5, e a massa seca das raízes permitiu determinar a densidade radicular (DR) através da Equação 6.

$$DCR = \frac{L_R}{V_A} \quad \text{eq. 5}$$

em que:

DCR = densidade de comprimento radicular (cm cm⁻³);

L_R = comprimento total das raízes na amostra (cm); e

V_A = volume total da amostra de solo (cm⁻³).

$$DR = \frac{M_R}{V_R} \quad \text{eq. 6}$$

em que:

DR = densidade radicular (g dm⁻³);

M_R = massa seca das raízes (g);

V_A = volume total da amostra de solo (dm⁻³).

As isolinhas de densidade de comprimento radicular foram elaboradas com o uso do software SigmaPlot 8.0. Para tanto, utilizou-se a média do experimento.

Na Tabela 4 apresentam-se as avaliações e os respectivos anos, uma vez que algumas delas não foram analisadas em todas as safras ou anos.

Tabela 4. Avaliações e respectivos anos em que foram realizadas

Avaliações	2005	2006	2007	2008
Produção	SIM	SIM	SIM	SIM
Grau de maturação	NÃO	SIM	SIM	SIM
Crescimento (diâmetros de copa e caule e altura de planta)	SIM	NÃO	SIM	NÃO
Rendimento e peneira	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Área foliar específica	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Análises do sistema radicular	NÃO	NÃO	NÃO	SIM

2.6 Análises estatísticas

As produtividades, as variáveis de desenvolvimento (altura de planta, diâmetros de copa e caule), classificação por peneira, rendimento e os estádios

de maturação dos frutos do cafeeiro foram submetidos à análise de variância e regressão, sendo que os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação (r^2) e no fenômeno biológico. Para as produtividades, também comparou-se as médias utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na análise dos dados de AFE, foi adotado o esquema de parcelas subdivididas em que as lâminas de irrigação constituíram os tratamentos da parcela e a face ou lado de amostragem de folhas constituiu o tratamento da subparcela.

Nas análises dos dados da densidade de comprimento radicular (DCR) e de densidade radicular (DR) também se trabalhou com o esquema de parcelas subdivididas, onde as lâminas de irrigação constituíram os tratamentos na parcela e a profundidade e distância de amostragem constituíram os tratamentos da subparcela.

Na análise de variância, empregou-se o teste F a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para execução das análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico "SAEG 9.0", desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Condições climáticas

Na Figura 3 observam-se a evapotranspiração de referência (média e máxima mensal) e a temperatura média mensal, entre os meses de novembro de 2004 e maio de 2008. Nesse período, o valor acumulado da ETo foi de 5.444 mm (média de 4,20 mm d⁻¹ e 1.485 mm ano⁻¹), sendo que o mês de outubro de 2007 apresentou a maior média de ETo (5,85 mm d⁻¹) e novembro de 2007 o valor máximo de ETo diária 8,76 mm d⁻¹. A temperatura média do período em estudo foi de 22,9 °C, sendo a maior média mensal (25,7 °C) obtida em outubro de 2005.

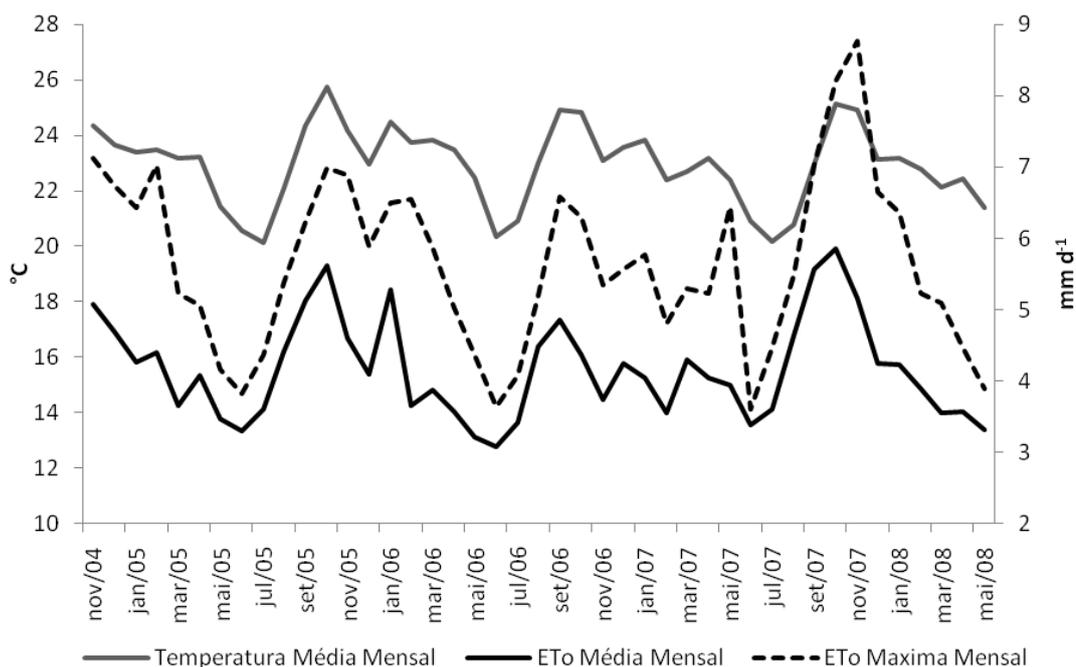


Figura 3. Evapotranspiração de referência (média e máxima mensal), em mm d^{-1} , e temperatura média mensal, em $^{\circ}\text{C}$.

3.2 Manejo da irrigação

As lâminas totais de irrigação aplicadas durante o período analisado (novembro/2004 a maio/2008) foram de: 2.271, 2.574, 3.028, 3.785 e 4.541 mm para, os tratamentos 75, 85, 100, 125 e 150%, respectivamente.

A lâmina de irrigação, média das quatro safras, correspondente ao tratamento 100% foi de 826 mm ano^{-1} , lâmina esta inferior à aplicada por Fernandes et al. (2000) que em uma lavoura cafeeira irrigada por gotejamento, nos anos de 1995 a 1997, em Planaltina de Goiás-GO, aplicaram uma lâmina de irrigação (média) de 1083 mm ano^{-1} , obtendo uma produtividade média de $46,2 \text{ sc ha}^{-1}$. Já Soares (2005) trabalhando em Patrocínio-MG em cafeeiros adultos da variedade Rubi irrigados por gotejamento, cujo manejo da irrigação era realizado com auxílio do *software* Irriga-Gesai (versão antiga do Irriplus), aplicou uma lâmina de irrigação média de 390 mm ano^{-1} , nas safras 2002-2003 e 2003-2004, obtendo uma produtividade média de $52,4 \text{ sc ha}^{-1}$. Vale ressaltar que o autor utilizou a técnica de déficit hídrico buscando a otimização da florada, o que pode ter contribuído com a diferença de aproximadamente 53%

nas lâminas aplicadas nos dois experimentos, uma vez que a demanda hídrica em Patrocínio corresponde a aproximadamente 80% da demanda hídrica de Barreiras (MANTOVANI et al. 2003) e a técnica do estresse hídrico controlado proporciona uma economia de água de aproximadamente 30%, conforme determinou Bomfim Neto (2007) em experimento realizado no Oeste da Bahia.

A precipitação acumulada neste período foi de 3.715. Embora a região apresente uma precipitação superior a 1.000 mm, a concentração das chuvas nos meses que vão de outubro-novembro a março-abril, juntamente com os solos arenosos, inviabiliza a adoção de plantios do cafeeiro em sequeiro.

Nas Figuras 4, 5, 6, 7 e 8 se observam, ao longo do período analisado (novembro/2004 a maio/2008), a umidade do solo estimada pelo Irriplus, as lâminas de irrigação aplicadas e as precipitações para os tratamentos correspondentes a 100%, 125%, 150%, 75 e 85%, respectivamente.

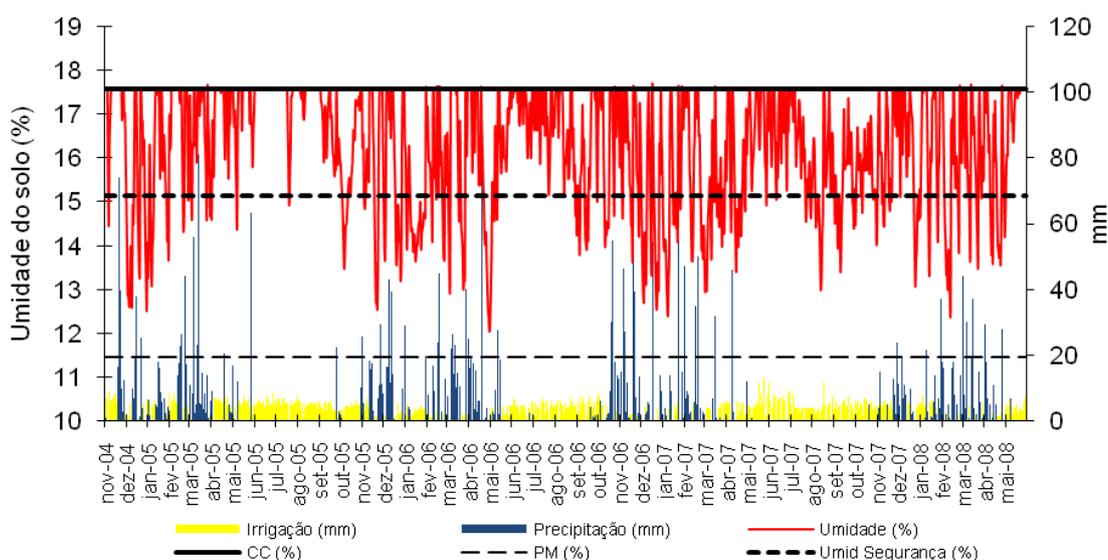


Figura 4. Umidade do solo (gravimétrica) estimada pelo software Irriplus, lâminas de irrigação aplicadas e precipitações pluviais para o tratamento 3 (100%).

Observa-se na Figura 4 que os períodos que a umidade do solo permanece abaixo da umidade de segurança do solo (umidade referente ao fator de disponibilidade de água do solo) ocorrem principalmente nos períodos de chuva, devido principalmente à dificuldade de manejo da irrigação nesse período, onde sempre se procura usar a maior porcentagem de precipitação efetiva possível.

Comportamentos similares aos apresentados pelo tratamento 3 (100%) são observados nas Figuras 5 e 6, para os tratamentos 4 (125%) e 5 (150%), respectivamente.

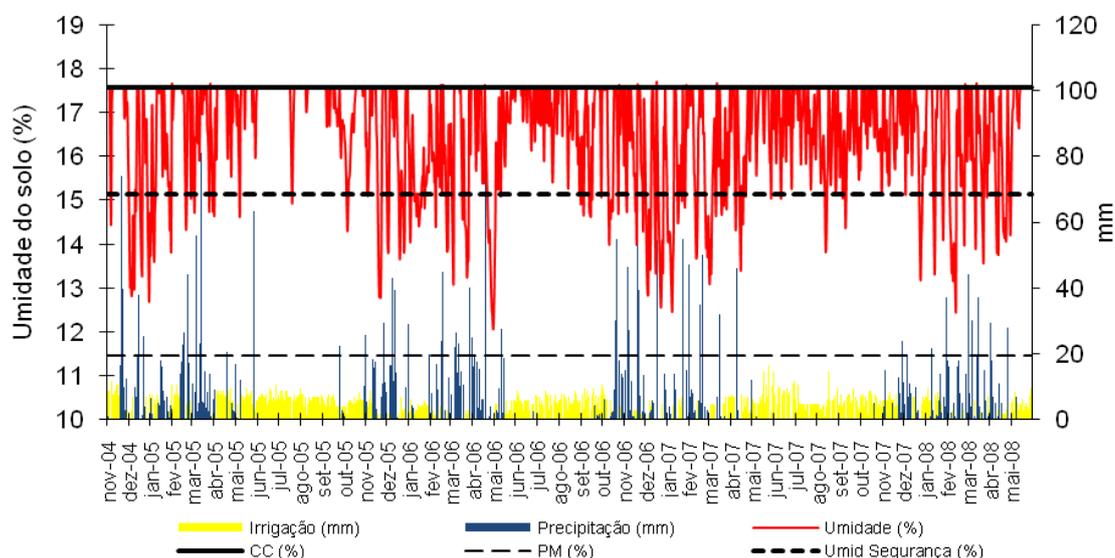


Figura 5. Umidade do solo (gravimétrica) estimada pelo software Irriplus, lâminas de irrigação aplicadas e precipitações pluviiais para o tratamento 4 (125%).

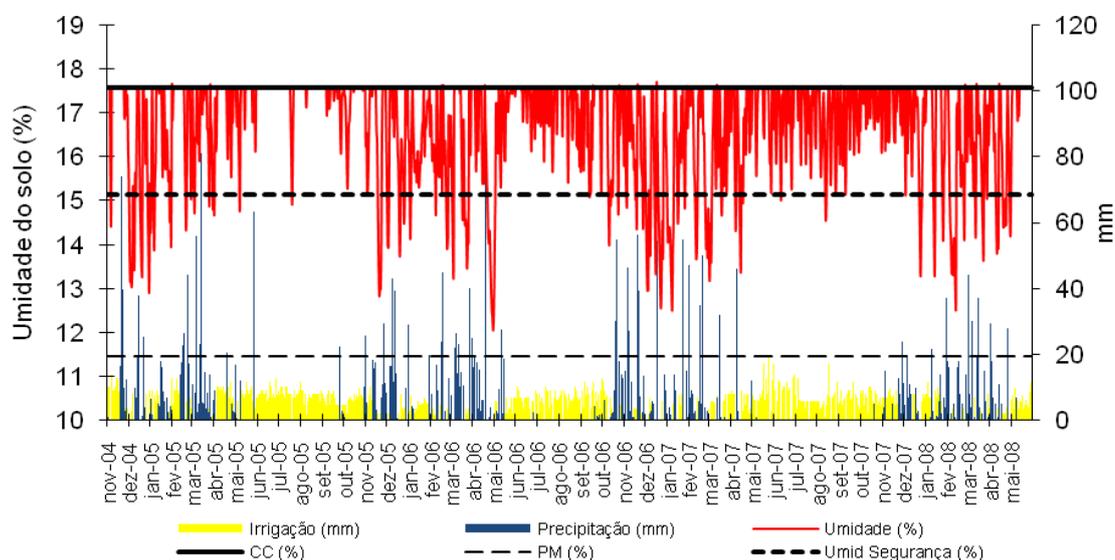


Figura 6. Umidade do solo (gravimétrica) estimada pelo software Irriplus, lâminas de irrigação aplicadas e precipitações pluviiais para o tratamento 5 (150%).

Nas Figuras 7 e 8 as umidades estimadas do solo permanecem mais distantes da umidade correspondente á capacidade de campo que as

umidades do solo nas Figuras 4, 5 e 6, o que pode ter proporcionado menores produtividades nos tratamentos correspondes às lâminas de 75 e 85% da recomendada pelo Irriplus.

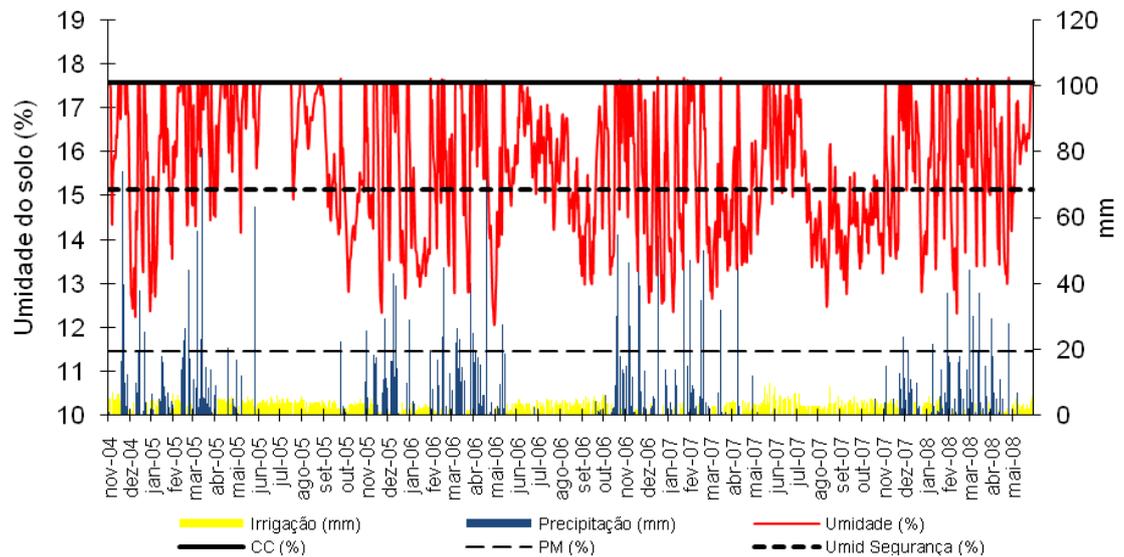


Figura 7. Umidade do solo (gravimétrica) estimada pelo software Irriplus, lâminas de irrigação aplicadas e precipitações pluviiais para o tratamento 1 (75%).

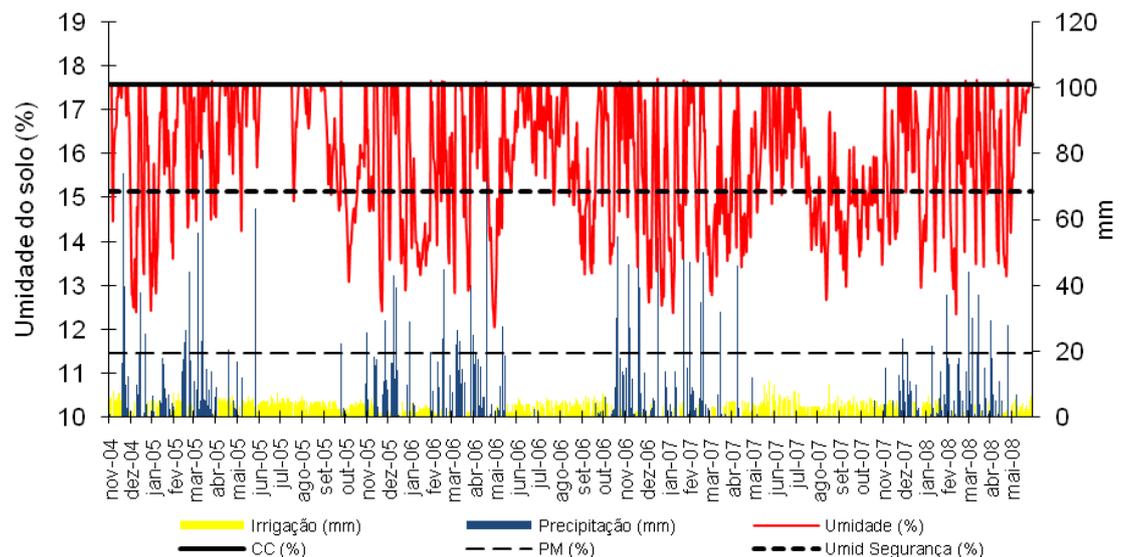


Figura 8. Umidade do solo (gravimétrica) estimada pelo software Irriplus, lâminas de irrigação aplicadas e precipitações pluviiais para o tratamento 2 (85%).

3.3 Produtividade e outras variáveis

Observam-se na Tabela 5 as produtividades, em sacas por hectare, das safras 2005, 2006, 2007, 2008 e média das quatro safras para os diferentes tratamentos. A produtividade média de todos os tratamentos foi de 57,0 sc ha⁻¹. O tratamento que apresentou a maior produtividade média foi correspondente a lâmina de irrigação de 125% (60,8 sc ha⁻¹), embora não tenha diferenciado estatisticamente dos tratamentos correspondentes as lâminas de 100 e 150%. Essas produtividades estão condizentes com média da região que é de aproximadamente 57 sc ha⁻¹ (AIBA, 2007).

Observou-se também que as diferentes lâminas de irrigação não promoveram a redução da bienualidade de produção do cafeeiro. Este fato também foi observado por Silva et al. (2006a), em cafeeiros da variedade Catuaí 44 em Varre Sai - RJ.

Tabela 5. Produtividade, em sacas por hectare, do cafeeiro irrigado por gotejamento submetido a diferentes lâminas de irrigação determinadas pelo software Irriplus

% da Lâmina de Irrigação	Produtividade (sc ha ⁻¹)				Média
	2005	2006	2007	2008	
125	43,3	91,1	31,4	77,4	60,8 A
150	53,1	79,6	37,0	67,3	59,2 A
100	47,7	76,8	37,0	71,3	58,2 AB
75	47,4	70,0	28,7	67,8	53,5 B
85	42,8	71,6	29,4	69,9	53,4 B
Média	46,9	77,8	32,7	70,7	57,0

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Na Figura 9 observam-se as produtividades médias das quatro safras do cafeeiro, para os diferentes tratamentos irrigados por gotejamento. Foi observado efeito significativo da lâmina de irrigação (p<0,05). Os dados de produtividade em função das diferentes lâminas de irrigação ajustaram-se em polinômio de segundo grau para a média das quatro safras, tais ajustes também foram encontrados por Bomfim Neto et al. (2007), Silva et al. (2006a; 2006b) e Scalco et al. (2006).

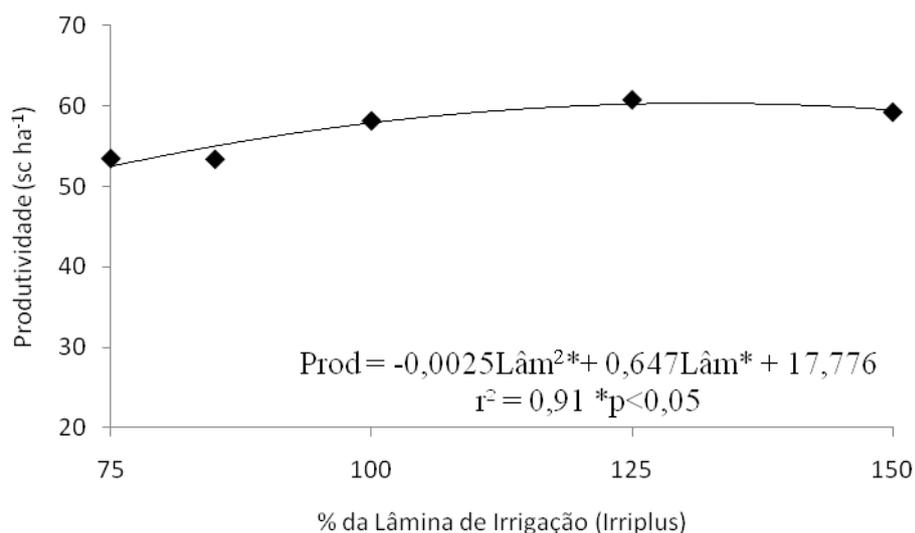


Figura 9. Produtividade média do cafeeiro, submetidos a diferentes lâminas de irrigação por gotejamento.

O ajuste satisfatório, para a média das quatro safras, ($r^2 = 0,91$) corrobora com a hipótese de que as diferentes lâminas de irrigação influenciaram a produtividade do cafeeiro.

A produtividade máxima estimada para o experimento foi de 60 sc ha^{-1} (média de quatro safras). Essa produtividade máxima estimada foi obtida com a lâmina correspondente a 122% da lâmina de irrigação determinada pelo Irriplus. Soares (2005) trabalhando com o *software* Irriga-Gesai em Patrocínio-MG, em cafeeiros adultos (variedade Rubi) irrigados por gotejamento, obteve a produtividade máxima simulada de 59 sc ha^{-1} quando a lâmina foi de 150 % daquela determinada pelo software.

Já Silva et al. (2006a; 2006b), em lavouras irrigadas por gotejamento em Varre-Sai, RJ, encontraram as produtividades máximas estimadas de 75 e 73 sc ha^{-1} para as variedades Catuaí e Catucaí, respectivamente, sendo as produtividades máximas estimadas obtidas com as lâminas de irrigação correspondentes à 95 e 90% da ETo, respectivamente.

Os valores da primeira (10/12/2005) e segunda (19/09/2007) medições biométricas estão apresentados na Tabela 6. Não se observou efeito significativo da lâmina de irrigação ($p < 0,05$) nas variáveis estudadas nas duas avaliações realizadas. Esses resultados contrapõem aos obtidos por Rotondano et al. (2005) que observaram, em cafeeiros da variedade Rubi cultivados em Uberlândia – MG, efeito significativo da lâmina de irrigação sobre

as variáveis diâmetro da copa e caule do cafeeiro. Já Soares (2005) observou, em Patrocínio – MG, efeito significativo sobre a altura de planta e diâmetro de copa, entretanto não verificou diferença estatística entre os tratamentos para o diâmetro de caule.

A ausência de efeito significativo da lâmina de irrigação pode ser explicada pela existência do crescimento compensatório, uma vez que Bomfim Neto (2007) observou em um experimento realizado em Barreiras – BA a existência de um crescimento compensatório após o restabelecimento das necessidades hídricas dos cafeeiros que foram submetidos a déficit hídrico, em relação ao das plantas de café que vinham sendo constantemente irrigadas. Este fato também foi observado por Guerra et al. (2006), na mesma região.

Tabela 6. Resultados da primeira (10/12/2005) e segunda (19/09/2007) medição biométrica (diâmetro da copa, altura do caule e diâmetro do caule) para os tratamentos irrigados por gotejamento

% da Lâmina de Irrigação (Irriplus)	Diâmetro da copa (cm)		Altura da planta (cm)		Diâmetro do caule (mm)	
	2005	2007	2005	2007	2005	2007
75	197,8	193,8	214,9	274,4	4,39	5,49
85	185,4	198,8	213,4	273,4	4,19	5,45
100	191,8	204,6	218,0	275,6	4,50	5,49
125	200,6	199,1	221,6	275,6	4,49	5,56
150	195,9	200,0	222,9	278,4	4,36	5,36
Média	194,3	199,2	218,2	275,5	4,39	5,47

Observam-se na Tabela 7 os estádios de maturação dos frutos, safra 2006, 2007, 2008 e média das três safras, no momento da colheita do experimento. As maiores porcentagens de frutos foram encontradas no estágio cereja (65,3% média da três safras avaliadas), fato este que pode proporcionar a obtenção de um café de melhor qualidade de bebida.

Não houve diferenças estatísticas ($p < 0,05$) do estágio de maturação entre os diferentes tratamentos nas safras estudadas, diferentemente de Faria et al. (2000) que observaram em Lavras - MG, em cafeeiros da variedade Acaia Cerrado irrigados por gotejamento, um retardamento da maturação dos grãos nas parcelas que receberam maiores lâminas de irrigação, ou seja, apresentaram maior presença de grãos no estágio verde de maturação. Gomes

et al. (2003) e Rezende et al. (2006) também observaram um retardamento da maturação dos frutos com o incremento da lâmina de irrigação. Outros autores como Clemente et al. (2002) e Oliveira et al. (2003) avaliando diferentes épocas de irrigação em Lavras - MG encontraram que os tratamentos não irrigados foram os que apresentaram a maturação mais precoce.

Tabela 7. Estádio de maturação dos frutos na colheita dos cafeeiros irrigados por gotejamento submetidos a diferentes lâminas de irrigação, determinadas pelo software Irriplus

% da Lâmina de Irrigação (Irriplus)	% de frutos colhidos			
	Verde			
	2006	2007	2008	Média
75	23,8	25,3	25,3	24,8
85	20,8	28,1	18,8	22,6
100	16,3	24,3	21,3	20,6
125	19,3	22	21,3	20,9
150	20	26,6	20,4	22,3
Média	20	25,3	21,4	22,2
	Passa			
	2006	2007	2008	Média
	75	18,1	8,6	11
85	15,6	6,6	14,8	12,3
100	15,9	7,4	15,3	12,9
125	18,5	6,3	11,1	12,0
150	14,2	8,3	15	12,5
Média	16,5	7,4	13,4	12,4
	Cereja			
	2006	2007	2008	Media
	75	58,1	66,1	63,8
85	63,6	65,3	66,4	65,1
100	67,8	68,4	63,5	66,6
125	62,2	71,8	67,6	67,2
150	65,7	65,1	64,6	65,1
Média	63,5	67,3	65,2	65,3

O rendimento (litros de café da roça para um saco beneficiado de café) e a porcentagem de grãos na classificação peneira 16 ou acima dos cafeeiros submetidos aos distintos tratamentos são apresentados na Tabela 8.

Não se observou diferença estatística ($p < 0,05$) no rendimento. O rendimento médio foi de 542 L sc^{-1} , valor este superior aos $477,4 \text{ L sc}^{-1}$

encontrados por Silva et al. (2008) em Uberlândia – MG, na média de quatro safras. Entretanto o autor observou efeito significativo das lâminas de irrigação, em três safras, no rendimento do cafeeiro. Já Vilella e Faria (2003), não encontraram diferença significativa no rendimento das duas primeiras safras do cafeeiro, cultivado em Lavras, submetidos a diferentes lâminas de irrigação.

Tabela 8. Porcentagem de grãos na classificação peneira 16 ou acima e rendimento ($L\ sc^{-1}$) de café da roça necessário para produzir uma saca beneficiada.

% da Lâmina de Irrigação (Irriplus)	Peneira 16 ou acima (%)	Rendimento ($L\ sc^{-1}$)
75	45,3	547
85	44,8	535
100	49,7	553
125	47,3	530
150	45,0	543
Média	46,4	542

Soares (2005), também não observou diferença no rendimento do cafeeiro submetido a diferentes lâminas de irrigação ($586\ L\ sc^{-1}$ – média de duas safras) em Patrocínio – MG. O autor afirma, dentre outros fatores, que o baixo rendimento foi proporcionado por temperaturas fora da faixa ideal desenvolvimento da cultura e fatores fisiológicos relativos às características da variedade (variedade Rubi).

Também não se observou efeito dos tratamentos ($p < 0,05$) sobre a porcentagem de grãos na classificação peneira 16. Resultados semelhantes foram encontrados por Custódio et al. (2007) que observaram que as lâminas de irrigação não influenciaram significativamente na granulometria dos grãos de café para quatro das cinco safras estudadas em Lavras – MG. Os autores recomendam que experimentos que avaliem o efeito da irrigação sobre a classificação do café devam durar, no mínimo, cinco anos.

O valor médio de 46,4 % de grãos “peneira 16 ou acima”, traduz-se em bom percentual de café para exportação, uma vez que os exportadores preferem grãos maiores, pois, assim, estão automaticamente eliminando defeitos. Esse valor está coerente com os apresentados por Custódio et al.

(2007) e Garcia et al. (2006), e inferiores aos apresentados por Drumond et al. (2006).

Não se observou efeito das lâminas de irrigação sobre a AFE ($p < 0,05$), sendo o valor médio de $158 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, valor este superior aos encontrados por Morais et al. (2003), que observaram valores na ordem de $84 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ em cafeeiros cultivados a pleno sol em Londrina – PR, e por Matsumoto et al. (2006), que observaram valores médios de aproximadamente $140 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ em cafeeiros cultivados a pleno sol em Vitoria da Conquista – BA.

Porém, quando se analisaram as folhas das faces de exposição norte e sul, observou-se diferença estatística ($p < 0,05$), fato este também observado por Morais et al. (2003).

As folhas com maior exposição ao sol da tarde, ou seja, à radiação solar, (face norte) apresentaram valores de AFE iguais a $137 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ e as folhas presentes na face sul apresentaram AFE iguais a $178 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, ou seja, as folhas da face norte apresentaram-se menores e compactas quando comparadas com as folhas da face sul. As folhas podem variar em forma, tamanho, espessura, densidade e rusticidade, considerando diferentes posicionamentos numa mesma planta, porque estão expostas a condições microclimáticas diversas, provocando alterações hormonais e, por conseguinte, modificações estruturais e morfológicas (MEDRI e PEREZ, 1980). Segundo Dickison (2000), as folhas de maior exposição ao sol são menores, mais espessas e mais rústicas em relação às folhas de menor exposição ao sol de uma mesma copa, por terem maior quantidade de tecidos protetores.

3.4 Análises do sistema radicular

Não observou-se efeito isolado dos tratamentos (lâminas de irrigação) sobre a DCR e DR tanto para as raízes finas ou absorventes e para as raízes médias ou de suporte das absorventes.

Observou-se efeito isolado na distância de amostragem sobre a DCR e DR para as raízes finas e médias, como pode ser observado pelas médias na Tabela 9. Observou-se a maior concentração de raízes nas distâncias de 30 e 70 cm sob o tubogotejador, ou seja, na faixa molhada e fertirrigada. Estes resultados são semelhantes aos apresentados por Rena e DaMatta (2002), que

observaram, em cafeeiros de 6 anos de idade em Ponte Nova – MG, o maior volume radicular do lado onde se aduba normalmente.

Essa concentração de raízes sob os tubogotejadores contradizem os apresentados por Barreto (2005) que trabalhando com cafeeiros irrigados por gotejamento superficial e subsuperficial, observou que o bulbo úmido interferiu no desenvolvimento radicular do cafeeiro reduzindo a densidade de raízes, provavelmente devido ao alto conteúdo de água da zona molhada e que houve maior concentração de raízes próximo à planta no lado onde não ocorre o gotejamento.

Já Soares et al. (2007), embora tenha observado que o aumento da percentagem de área molhada proporcionou melhor distribuição do sistema radicular, quanto à distância do caule, não foi possível observar se houve maior concentração do sistema radicular na faixa molhada, uma vez que as amostragens foram feitas apenas de um lado da cafeeiro, variedade Rubi de aproximadamente 5 anos de idade.

Tabela 9. Densidade de comprimento radicular – DCR (cm cm^{-3}) e densidade radicular - DR (g dm^{-3}) de raízes finas e médias para as distâncias amostradas

Distância (cm)	DCR (cm cm^{-3})	Distância (cm)	DR (g dm^{-3})
Raízes finas			
70	4,18 A	70	0,83 A
30	3,44 AB	30	0,80 A
-70	2,71 B	-70	0,55 B
-30	2,55 B	-30	0,50 B
110	0,99 C	110	0,22 C
-110	0,60 C	-110	0,17 C
Raízes médias			
30	0,0737 A	30	0,2778 A
70	0,0699 AB	70	0,2678 A
-70	0,0435 BC	-30	0,2076 A
-30	0,0417 BC	-70	0,0913 B
110	0,0219 C	110	0,0625 B
-110	0,0192 C	-110	0,0375 B

Médias seguidas por uma mesma letra, para DCR e DR dentro das classes de raízes, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Os resultados encontrados para raízes médias e finas se assemelham aos encontrados por Nick et al. (1994), que relataram que a quantidade de raízes finas e médias tem distribuições semelhantes.

Também foi observado efeito isolado na camada amostrada sobre a DCR e DR para as raízes finas e médias (Tabela 10). Como já era esperado, as camadas superficiais (0-10 e 10-20 cm) foram as que apresentaram maiores concentrações de raízes (DCR e DR) tanto para as raízes finas quanto para as médias.

Os valores observados de DR, tanto de raízes finas e médias, em todas as camadas, estão de acordo com os observados na literatura (SOARES et al., 2007; BARRETO, 2005).

Tabela 10. Densidade de comprimento radicular – DCR (cm cm^{-3}) e densidade radicular - DR (g dm^{-3}) de raízes finas e médias para as camadas amostradas

Camada (cm)	DCR (cm cm^{-3})	Distância (cm)	DR (g dm^{-3})
Raízes finas			
0-10	8,81 A	10	1,80 A
10-20	2,69 B	20	0,57 B
30-40	0,86 C	40	0,23 C
50-60	0,82 C	60	0,20 C
90-100	0,64 C	100	0,15 C
70-80	0,63 C	80	0,14 C
Raízes médias			
0-10	0,1030 A	10	0,3717 A
10-20	0,0508 B	20	0,2115 B
30-40	0,0347 B	40	0,1191 BC
50-60	0,0329 B	60	0,1005 BC
90-100	0,0243 B	100	0,0895 BC
70-80	0,0242 B	80	0,0520 C

Médias seguidas por uma mesma letra, para DCR e DR dentro das classes de raízes, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

São escassos na literatura trabalhos em café sobre DCR. Partelli et al. (2006) observaram valores na ordem de $7,1 \text{ cm cm}^{-3}$ (raízes finas) para a camada de 0-20 cm para plantas de café 'Conilon', provenientes de sementes e de estacas, no Município de Vila Valério, ES. Os autores também observaram essa redução da densidade das raízes com a profundidade.

Saíz Del Rio et al. (1961) observaram mais de 95% das raízes absorventes ativas, cafeeiro Bourbon, nos primeiros 25 cm de profundidade. Diversos autores observaram a maior concentração de raízes do cafeeiro nas camadas mais superficiais (GARRIZ, 1978; SOARES et al., 2007)

A redução da densidade das raízes com a profundidade pode ser observada, também, em outras espécies, como demonstrado por Laclau et al. (2001), que estudaram a distribuição espacial de raízes de *Eucalyptus spp.* Em plantios de cacau, Lehmann (2003) observou que aproximadamente 75% das raízes finas concentravam-se nos 10 cm superficiais do solo.

Observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) da interação entre distância e camada amostrada sobre a DCR e DR. Nas Tabelas 11 e 12 observam as médias de DCR (Tabela 3) e DR (Tabela 4) para as diferentes distâncias e camadas amostradas.

Tabela 11. Densidade de comprimento radicular – DCR (cm cm^{-3}) de raízes finas e médias para as distâncias e camadas amostradas

Camada (cm)	Distância (cm)					
	-110	-70	-30	30	70	110
Raízes finas						
0-10	1,46 D a	11,37 BC a	9,13 C a	12,51 BC a	15,36 A a	3,08 D ab
10-20	0,79 C a	1,96 C b	2,16 BC b	4,35 ABC b	6,08 AB b	0,85 C ab
30-40	0,33 A a	0,81 A b	1,14 A b	0,9 A c	1,35 A c	0,67 A b
50-60	0,39 A a	0,69 A b	0,99 A b	1,12 A c	1,24 A c	0,47 A b
70-80	0,44 A a	0,55 A b	0,7 A b	1,18 A c	0,49 A c	0,46 A b
90-100	0,24 A a	0,89 A b	1,18 A b	0,6 A c	0,59 A c	0,41 A b
Raízes médias						
0-10	0,04 B a	0,1 AB ab	0,12 AB ab	0,16 AB ab	0,17 AB a	0,03 B a
10-20	0,04 A a	0,05 A ab	0,03 A b	0,08 A b	0,08 A b	0,03 A a
30-40	0,01 B a	0,01 B b	0,02 AB b	0,09 AB ab	0,06 AB b	0,03 AB a
50-60	0,00 A a	0,01 A b	0,05 A ab	0,06 A b	0,04 A b	0,03 A a
70-80	0,01 A a	0,05 A ab	0,03 A b	0,02 A b	0,03 A b	0,00 A a
90-100	0,01 A a	0,04 A ab	0,01 A b	0,03 A b	0,04 A b	0,01 A a

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna), dentro da mesma classe de raízes não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 12. Densidade radicular - DR (g dm^{-3}) de raízes finas e médias para as distâncias e camadas amostradas

Camada (cm)	Distância (cm)					
	-110	-70	-30	30	70	110
Raízes finas						
0-10	0,52 C a	2,02 B a	1,82 B a	2,74 A a	3,07 A a	0,61 C a
10-20	0,19 C a	0,36 C b	0,55 BC b	1,13 AB b	1,01 ABC b	0,19 C a
30-40	0,11 A a	0,16 A b	0,31 A b	0,33 A c	0,32 A c	0,16 A a
50-60	0,09 A a	0,16 A b	0,26 A b	0,23 A c	0,33 A c	0,13 A a
70-80	0,08 A a	0,12 A b	0,15 A b	0,26 A c	0,11 A c	0,12 A a
90-100	0,06 A a	0,17 A b	0,24 A b	0,13 A c	0,14 A c	0,14 A a
Raízes médias						
0-10	0,05 B a	0,19 B a	0,54 A ab	0,81 A a	0,56 A ab	0,08 B a
10-20	0,10 A a	0,15 A a	0,29 A ab	0,33 A b	0,32 A ab	0,08 A a
30-40	0,02 A a	0,03 A a	0,13 A b	0,20 A b	0,30 A ab	0,04 A a
50-60	0,00 A a	0,04 A a	0,15 A b	0,14 A b	0,20 A b	0,08 A a
70-80	0,03 A a	0,04 A a	0,07 A b	0,06 A b	0,1 A b	0,02 A a
90-100	0,02 A a	0,11 A a	0,06 A b	0,13 A b	0,14 A b	0,08 A a

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna), dentro da mesma classe de raízes não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Analisando as Tabelas 11 e 12 juntamente com as Tabelas 9 e 10 confirma-se a maior concentração de raízes nas camadas superficiais e nas proximidades dos tubogotejadores.

Nas Tabelas 13 e 14 observam-se as médias de DCR (Tabela 13) e DR (Tabela 14) das lâminas de irrigação em função da camada amostrada, uma vez que observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) da interação entre os tratamentos (lâminas de irrigação) e camada amostrada sobre as duas variáveis.

Tabela 13. Densidade de comprimento radicular – DCR (cm cm^{-3}) de raízes finas para as camadas amostradas em função das lâminas de irrigação

Camada (cm)	% da Lâmina de Irrigação		
	75	100	150
0-10	10,73 A a	8,39 B a	7,34 B a
10-20	2,61 A b	2,91 A b	2,58 A b
30-40	0,95 A c	0,92 A c	0,74 A c
50-60	0,80 A c	0,80 A c	0,85 A c
70-80	0,69 A c	0,44 A c	0,78 A c
90-100	0,85 A c	0,52 A c	0,57 A c

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 14. Densidade radicular – DR (g dm^{-3}) de raízes finas para as camadas amostradas em função das lâminas de irrigação

Camada (cm)	% da Lâmina de Irrigação		
	75	100	150
0-10	2,13 A a	1,80 B a	1,46 C a
10-20	0,54 A bc	0,69 A b	0,48 A b
30-40	0,29 A bc	0,20 A c	0,20 A b
50-60	0,19 A bc	0,21 A c	0,20 A b
70-80	0,13 A c	0,11 A c	0,19 A b
90-100	0,17 A c	0,11 A c	0,16 A b

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observa-se nas Tabelas 13 e 14 que os tratamentos que receberam as menores lâminas de irrigação proporcionaram maiores concentrações ($p < 0,05$) de raízes (DCR e DR) na camada de 0-10 cm. Esses resultados demonstram que as plantas que receberam menores quantidades de água tiveram que emitir mais raízes para compensar o déficit. Estes resultados contradizem os apresentados por Lima et al. (2008), que observaram em cafeeiros, variedade Catuaí, com idade de dois anos em Rio Verde – GO, que o tratamento que foi irrigado para elevar o potencial matricial do solo à 10 kPa proporcionou maior volume de raízes que o tratamento que foi irrigado para elevar o potencial matricial do solo à 30 kPa, ou seja, o tratamento que recebeu maiores lâminas de irrigação produziu mais raízes.

Rena e Guimarães (2000) afirmaram que, em condições de hidratação adequada, o crescimento radicular tende a ser menor do que em condição de estresse moderado. Sob estresse, a planta produz mais ácido abscísico, reduzindo o efeito do etileno, inibidor do crescimento radicular em comprimento. Além do mais, a condição de alto teor de água no bulbo úmido deve interferir na aeração, a qual é um fator importante para respiração das raízes. Segundo esses autores, o excesso de água dificulta a passagem do etileno pelos poros do solo, que se concentra em níveis suficientes para retardar o desenvolvimento radicular.

Na Figura 10 está ilustrada a distribuição de densidade de comprimento radicular (DCR) na direção ortogonal a fileira de plantas. Observa-se que houve maior expansão do sistema radicular tanto em distância como em profundidade sob o tubogotejador, o que pode ser confirmado pelos valores de DCR, embora também possa ser observada pela Figura a excelente expansão radicular do cafeeiro até a distância de -50 cm do lado sem o tubogotejador.

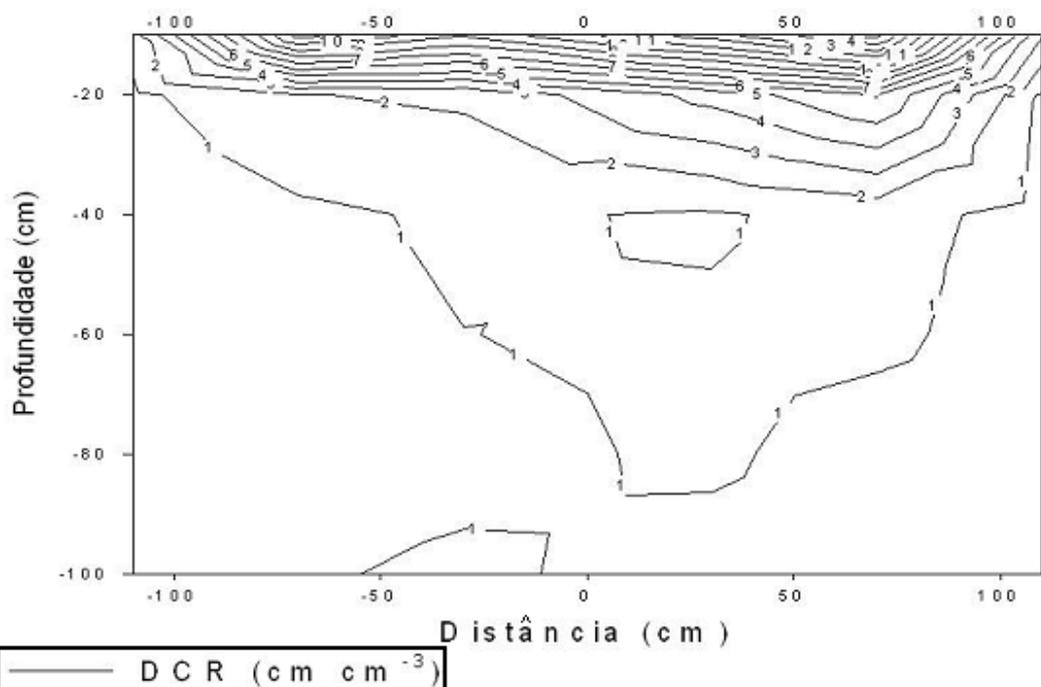


Figura 10. Distribuição de densidade de comprimento radicular (cm cm⁻³), raízes finas, do cafeeiro na direção ortogonal a fileira de plantas.

Os resultados de distribuição de raízes para gotejamento apresentados reforçam a recomendação da fertirrigação como alternativa adequada de

aplicação de fertilizantes ao solo, uma vez que, com a fertirrigação, uma maior quantidade de raízes recebe os nutrientes num pequeno período de tempo, melhorando assim a absorção.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foi conduzido um experimento com cafeeiros, variedade Catuaí Vermelho 144, irrigados por gotejamento na Fazenda Café do Rio Branco, no município de Barreiras na região oeste da Bahia, com o intuito de verificar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação sobre a produção, desenvolvimento e o sistema radicular do cafeeiro.

Os resultados das quatro safras analisadas levaram às seguintes conclusões:

- Foi observado efeito significativo da lâmina de irrigação na produtividade do cafeeiro;
- A produtividade máxima estimada (60 sc ha^{-1}) foi obtida com a lâmina correspondente a 122%;
- Não houve efeito das diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento vegetativo, na classificação por peneira, no rendimento e na maturação dos frutos do cafeeiro nas condições do experimento;
- Não se observou efeito das lâminas de irrigação sobre a área foliar específica – AFE, porém as folhas com maior exposição ao sol da tarde (face norte) apresentaram valores de AFE menores que as folhas presentes na face sul;

- Observou-se maior concentração de raízes (DCR e DR) nas camadas superficiais (0-20 cm) e sob a linha lateral (30 e 70 cm de distância do ramo ortotrópico);
- A lâmina de irrigação correspondente a 75% proporcionou maior concentração de raízes (DCR e DR) na camada de 0 a 10 cm.

5. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements.** FAO – Irrigation and Drainage. Rome: FAO, 1998. 319 p. (Paper 56).

AMARAL, J.F.T. **Eficiência de produção de raízes, absorção, translocação e utilização de nutrientes em cultivares de café arábica.** Viçosa: UFV, 2002. 97p. (Tese de Doutorado)

ASSOCIAÇÃO DOS AGRICULTORES E IRRIGANTES DO OESTE DA BAHIA – AIBA. **7º Anuário da cafeicultura do Cerrado da Bahia.** Barreiras, BA, 2007. 110 p.

BARRETO, C. V. G. **Distribuição do sistema radicular do cafeeiro fertirigado por gotejamento superficial e subsuperficial.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2005. 88p. (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical).

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

BOMFIM NETO, H. **Avaliação do uso do déficit hídrico na floração do cafeeiro arábica, monitorado por meio do desenvolvimento do botão floral e do potencial hídrico da planta.** Viçosa:UFV, 2007. 37p (Tese de mestrado)

BOMFIM NETO, H. B.; SOUZA, A. F. de; NUNES, V. V.; MANTOVANI, E. C.; ZAMBOLIM, L. Efeito de diferentes lâminas de irrigação e aplicação de fungicida na produtividade do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 9, 2007, Araguari. **Anais...** Uberaba : UNIUBE, 2007. p.137-141.

CLEMENTE, F. M. V. T.; FARIA, M. A.; GUIMARÃES, R. J. Produtividade, rendimento e tamanho do grão do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Topázio MG-1190), sob diferentes épocas de irrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 5, 2002, Araguari. **Anais...** Uberlandia : UFU, 2002. p. 33-36

CUSTÓDIO, A. P.; COMES, N. M.; LIMA, L. A. Efeito da irrigação sobre a classificação do café. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.691-701, 2007

DICKISON, W. C. **Integrative plant anatomy.** New York: Harcourt/Academic, 2000. 533 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J, O. **Guidelines for predicting crop water requirements.** Rome: FAO, 1977. p 179. (FAO Irrigation and Drainage, 24).

DRUMOND, L.C.D.; FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; MARTINS, C.A.; SOUSA, G.F.; OLIVEIRA, C.B.; TEIXEIRA, M.P. Avaliação da produtividade e qualidade do cafeeiro cultivado em condições de cerrado e irrigado por diferentes sistemas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 8, Araguari. **Anais...** 2006, p. 30-34

FARIA, M. A. DE; GUIMARÃES, R. J.; SILVA, E. L. DA; ALVES, M. E. B.; SILVA, M. L. O.; VILELLA, W. M. C.; OLIVEIRA, L. A. M.; COSTA, H. S. C.

Influência das lâminas de irrigação na maturação e produtividade do cafeeiro (Coffea arabica L.) - 1a. colheita. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL , 1, 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos**. Brasília: Embrapa Café, 2000. 2v. p. 924-927.

FERNANDES, A.L.T; SANTINATO, R. LESSI, R. YAMADA. A. SILVA. V.A. Deficiência hídrica e uso de granulados em lavoura cafeeira irrigada por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.376-381, 2000.

GARCIA, A. W. R.; MATIELLO, J. B.; JAPIASSÚ, L. B.; FIORAVANTE, N. Espaçamento versus irrigação suplementar em cafeeiros no sul de minas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 8, 2006, Araguari. **Anais...** Uberaba:UNIUBE, 2006. p.58-60.

GARRIZ, P. I. Distribución radicular de três cultivares de Coffea arábica L. de 24 años de edad, em um suelo limo-arcilloso. **Cencias de la Agricultura**, v.2, s.n.; p. 65-76, 1978

GOMES, M. C. R.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. O.; VIEIRA, H. D.; PINTO, J. F.; ANDRADE, W. E. B.; SILVA, M. G. Efeito da irrigação na maturação do cafeeiro (Coffea arábica, L.). In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DE CAFÉS DO BRASIL, 3, 2003. Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. P. 126.

GUERRA, F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C. 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**. Viçosa, MG. p. 83-116. 2006.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649 p.

LACLAU JP, ARNAUD M, BOUILLET JP, RANGER J. Spatial distribution of *Eucalyptus* roots in a deep sandy soil in the Congo: relationships with the ability of the stand to take up water and nutrients. **Tree Physiology**, 21: 129–136, 2001

LEHMANN, J. Subsoil root activity in tree-based cropping systems. **Plant and Soil**, v.255, p.319-331, 2003.

LIMA, M. D.; PEREIRA, R. C.; SOUZA, M. A. Distribuição do sistema radicular do cafeeiro em função da adubação e lâminas de irrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 10, 2008, Araguari. **Anais...** p. 67-72

MALAVOLTA, E.; FERNADEZ, D.R.; ROMERO, J.P. Seja doutor do seu cafezal. **Informações Agronômicas**, Campinas, v.64, p.1-13, 1993.

MANTOVANI, E. C.; VICENTE, M. R.; ALVES, M. E. B.; NETO, H. B; Irrigação como fator de qualidade do café. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Boas práticas agrícolas na produção de café**. Viçosa: UFV, 2006. p. 117-165.

MANTOVANI, E. C.; VICENTE, M. R.; MUDRIK, A. S. Irrigação do cafeeiro – em que condições a irrigação é necessária e como irrigá-lo nestas condições? In: ZAMBOLIM, L. **Produção integrada de Café**. Viçosa: UFV, 2003. p. 279-317.

MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. **Manejo integrado das culturas e dos recursos hídricos**. Workshop internacional sobre manejo integrado das culturas e dos recursos hídricos. Brasília: SRH/MMA – DEA-UFV, 1998. 154 p.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação – Princípios e métodos**. 3. ed. atual. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 355 p.

MARTINEZ, E. P.; CARVALHO, J. G. de; SOUZA, R. B. de. Diagnose Foliar. IN: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas**

Gerais. 5a Aproximação. Ed: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. CFSEMG. Viçosa: UFV, 1999. 359p. p. 143-168.

MATSUMOTO, S. N.; FARIA, G. O.; VIANA, A. E. S.; ROCHA, V. S. NOVAES, A. B. Water relations in a coffee grove planted with grevilleas in Vitória da Conquista, Bahia, Brazil. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 71-83, 2006

MEDRI, M. E.; PEREZ, E. L. Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* Mell. Arg. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 10, n. 3, p. 463-493, 1980.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMONI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com quando e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131- 1137, 2003.

NICK, J. A.; YORINORO, G. T.; VARGAS MOTTA, A. C.; SCOPEL, I.; CUNHA FERNANDES, J. S. Efeito de 11 anos de cultivo sobre parâmetros químicos do solo e crescimento de raiz, no município de Tomazina-PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 20. 1994, Guarapari. **Anais...** Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ, 1994. p. 131-132

OLIVEIRA, L. A. M.; FARIA, M. A.; ALVARENGA, A. A. Comportamento da maturação dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado em diferentes épocas do ano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 6, 2003. Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2003. p. 30-33

PARTELLI, F. A.; VIEIRA, H. D.; SANTIAGO, A. R.; BARROSO, D. G. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.949-954, 2006

RENA, A. B.; DAMATTA, F. M. O sistema radicular do cafeeiro: morfologia e ecofisiologia. In. ZAMBOLIM, L. **O estado da arte de tecnologias de produção de café**. Viçosa: UFV. 2002. p. 11-92

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Relações hídricas no cafeeiro. In: **ITEM – Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, n. 48, p.64-73, set. 2000.

RENA, A.B.; GUIMARÃES, P.T.G. **Sistema Radicular do Cafeeiro**: Estrutura, Distribuição, Atividade e Fatores que o influenciam. Belo Horizonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. 2000, 80 p.

REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, S. R.; FARIA, M. A. de; ARANTES, K. R. Características produtivas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv., Topázio MG-1190), recepado e irrigado por gotejamento. **Coffee Science**, v. 1, n. 2, p. 103-110, 2006

ROTONDANO, A. K. F.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de; SEVERINO, G. M. Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 1, p. 65-75, 2005

SAÍZ DEL RIO, J. F.; FERNÁNDEZ, C. E.; BELLAVITA, O. Distribution of absorbing of coffee roots determined by radioactive traces. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v. 77, p. 240-244, 1961.

SCALCO, M. S.; COLOMBO, A.; GOMES, R. A.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, C. H. M. de; PAIVA, L. C.; FARIA, M. A. de. Produtividade do cafeeiro irrigado sob diferentes critérios com várias densidades de plantio, na Região de Lavras/MG. **Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira – Coffea**, v. 1, n. 3, p. 18-21, 2004.

SCALCO, M. S.; COLOMBO, A.; GUIMARÃES, R. J.; REZENDE, C. A. Manejo da irrigação do cafeeiro, em sistemas adensados e não adensados, em anos

de alta e baixa produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16, 2006, Goiania. **Anais...** Goiânia : ABID, 2006. CD ROM

SILVA, A. M. da; COELHO, G.; SILVA, R. da. Épocas de irrigação e parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro, em quatro safras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.3, p.314-319, 2005.

SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.387-394, 2008

SILVA, M. G.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; GOMES, M. C. R.; PINTO, J. P. Produtividade do café arábica, cultivar Catuaí, sob diferentes lâminas de irrigação, em 5 safras consecutivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 8, 2006, Araguari. **Anais...** Uberaba: UNIUBE, 2006a. p.70-74.

SILVA, M. G.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; GOMES, M. C. R.; PINTO, J. P. Produtividade do café arábica, cultivar catucaí, sob diferentes lâminas de irrigação, em 5 safras consecutivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 8, 2006, Araguari. **Anais...** Uberaba: UNIUBE, 2006b. p.75-79.

SOARES, A. R. **Irrigação, fertirrigação, fisiologia e produção em cafeeiros adultos na região da Zona da Mata de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 84 p. (Tese de Mestrado)

SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; BATISTA, R. O.; COELHO, M. B.; RENA, A. B. Produção e distribuição de raízes em cafeeiros irrigados por gotejamento. **Engenharia na Agricultura**, v. 15, p. 130-140, 2007.

SOARES, A.R. **Efeito da lâmina de irrigação e da porcentagem de área molhada no desenvolvimento e produção do cafeeiro em Patrocínio, MG.** Viçosa: UFV, 2005. 63p. (Tese de Doutorado)

VICENTE, M. R.; MANTOVANI, E. C.; FERNANDES, A. L. T.; FIGUEREDO, E. M. Manejo da irrigação do cafeeiro na região oeste da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 8., 2006, Araguari. **Anais...** p.112-116.

VILELLA, W. M. C.; FARIA, M. A. de. Crescimento de cafeeiros submetidos a cinco lâminas de irrigação e três parcelamentos de adubação. **Irriga**, v.8, n.2, p. 168-177, 2003

CAPÍTULO 2

EFEITO DA FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO DO CAFEIRO NA REGIÃO OESTE DA BAHIA

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes doses e parcelamentos da fertirrigação sobre a produção, o desenvolvimento e o sistema radicular do cafeeiro irrigado por gotejamento na região Oeste da Bahia. Realizou-se o trabalho na fazenda Café do Rio Branco, localizada em Barreiras - BA em cafeeiros adultos, aproximadamente 3,5 anos de idade, da variedade Catuaí IAC 144. O experimento foi montado em um esquema fatorial 3 x 3, sendo três níveis de adubação nitrogenada e potássica (900/800, 600/500 e 300/250 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O) em 3 parcelamentos mensais de fertirrigação (2, 4 e 8 vezes). As variáveis analisadas no experimento foram: produtividade, maturação, crescimento, rendimento e peneira, área foliar específica (AFE), além de avaliações do desenvolvimento do sistema radicular. As doses de 600/500 e 900/800 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N/K₂O, proporcionaram as maiores produtividades do cafeeiro. Os parcelamentos da fertirrigação em duas e oito vezes mensais foram superiores em produtividade. Observou-se efeito maior do parcelamento da fertirrigação, sobre o efeito das doses de N e K₂O, nas variáveis de desenvolvimento do cafeeiro (diâmetro de copa e altura de planta). Não houve efeito das doses e parcelamento da

fertirrigação na maturação dos frutos do cafeeiro e na classificação por peneira dos grãos do café. Não se observou efeito das doses e parcelamentos da fertirrigação sobre a AFE, porém as folhas com maior exposição ao sol da tarde (face norte) apresentaram valores de AFE menores que as folhas presentes na face sul. A maior concentração de raízes, densidade de comprimento radicular - DCR e densidade radicular – DR, foi obtida nas camadas superficiais (0-20 cm) e sob a linha lateral (30 e 70 cm de distância do ramo ortotrópico). As menores doses de N e K₂O propiciaram maior desenvolvimento (DCR e DR) do sistema radicular do cafeeiro.

CHAPTER 2

EFFECTS OF FERTIGATION ON COFFEE PLANTS PRODUCTION AND DEVELOPMENT IN THE WEST OF BAHIA STATE

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of fertigation on coffee plants development and production and on root system development under drip irrigation in the west of Bahia state. For this, one experiment was assembled at Café do Rio Branco Farm, in Barreiras, Bahia state, in 3.5-years-old coffee plants, Catuaí Vermelho IAC 144. The experiment was performed in a 3 x 3 factorial design with three nitrogen and potassium levels (900/800, 600/500 and 300/250 kg ha⁻¹ yr⁻¹ of N and K₂O) in three frequencies of fertigation (2, 4 and 8 times per month). By the end of the fourth harvest, the dosis of 600/500 and 900/800 kg ha⁻¹ yr⁻¹ N/K₂O showed the highest coffee yield and the frequency of two and eight times per month had higher yield. There was no effect of the dosis and the fertigation frequency on coffee fruit ripening and on sieve classification. There was no significant effect of the treatments on specific leaf area - SLA, but leaves with greater exposure to afternoon sun (North) showed lower SLA than leaves present on the South. There was a greater concentration of roots, root length density, RLD, and root density, RD, on the topsoil (0-20 cm) and under the lateral line (30 and 70 cm from the orthotropic branch). The lowest rates of N and K₂O provided a further development of the coffee root system.

1. INTRODUÇÃO

A irrigação não deve ser considerada isoladamente, mas sim como parte de um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção econômica de determinada cultura, com adequados manejos dos recursos naturais, devendo ser levados em conta os aspectos de sistemas de plantio, as possibilidades de rotação de culturas, a proteção do solo com culturas de cobertura, a fertilidade do solo, o manejo integrado de pragas e doenças, a mecanização, etc. (MANTOVANI et al., 2006).

Dentre as diversas regiões produtoras de café, a região Oeste da Bahia destaca-se pela implantação de lavouras totalmente irrigadas (aproximadamente 14.000 ha) e de alta produtividade (AIBA, 2007).

Uma das técnicas muito utilizadas na cafeicultura irrigada é a fertirrigação por meio de sistemas de irrigação que aplicam a água de forma localizada. Vários autores já destacaram as vantagens da fertirrigação (FRIZZONE et al., 1994; NOGUEIRA et al., 1998; PAPADOPOULOS, 1999; VILLAS BÔAS et al., 1999). Entretanto, a inexistência de planos adequados de manejo da irrigação e fertirrigação pode trazer sérios problemas relacionados às perdas de nutrientes por lixiviação.

Soares et al. (2005) e Fernandes et al. (2007), em Viçosa e Uberaba – MG, respectivamente, avaliando a fertirrigação do cafeeiro utilizando diferentes fontes de fertilizantes, após quatro safras, observaram que as fontes de fertilizantes utilizadas, tanto em fertirrigação quanto na aplicação convencional

no solo, não apresentaram diferenças significativas em termos de produtividade e qualidade do café.

Vilella e Faria (2003) avaliando os efeitos da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e três parcelamentos de adubação sobre o crescimento e produtividade do cafeeiro irrigado por gotejamento em Lavras - MG, observaram que o aumento do número de parcelamentos de adubação não influenciou a produtividade do cafeeiro. Todos os tratamentos receberam a mesma dosagem de adubação, divididas em três, seis e nove vezes, entre os meses de outubro a março de cada ano.

Os nutrientes mais exigidos pelo cafeeiro são o N e o K, o primeiro com maior exigência para a vegetação e o segundo para a produção. (MATIELLO et al., 2002).

A dose a ser aplicada depende das condições da lavoura e da estimativa de produção. A recomendação para o Estado de São Paulo pode variar de 50 a 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 20 a 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O e para o Estado de Minas Gerais, de 80 a 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 0 a 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O (VAN RAIJ et al., 1996; CFSEMG, 1999).

Na região Oeste da Bahia, para a obtenção de produtividades médias de 50-55 sc ha⁻¹ nas oito safras primeiras safras recomenda-se trabalhar com níveis de correção de N e K que variam de 400 a 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (SANTINATO, 2005). Já Rena et al. (2003) trabalhando em Patrocínio – MG, observaram que doses de 1000-1200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de 20-5-20, foram suficientes para suprir as demandas do cafeeiro, durante oito safras, não se observando as respostas esperadas às doses de fertilizantes aplicadas, em todas as características ecofisiológicas e agronômicas estudadas.

Apesar de existirem publicações sobre a aplicação de fertilizantes via água de irrigação, constata-se que ainda há necessidade de pesquisa sobre doses, concentração e parcelamento de fertilizantes para as culturas, uma vez que existem muitas variáveis envolvidas no emprego dessa técnica.

Um fator muito importante quando se trabalha com fertirrigação por irrigação localizada por gotejamento, é o sistema radicular da cultura. Segundo Rena e DaMatta (2002), o desenvolvimento radicular é complexo e influenciado, em diferentes graus, por vários fatores. Vários pesquisadores são enfáticos em afirmar que a conformação do sistema radicular depende, em

primeiro lugar, da carga genética da planta e, depois, das propriedades e características do solo, como a fertilidade, o teor de água, o arejamento, a densidade, a resistência mecânica etc.

Este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de diferentes doses e parcelamentos da fertirrigação por gotejamento sobre a produção, o desenvolvimento e o sistema radicular do cafeeiro nas condições do Oeste da Bahia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi instalado um experimento, em cafeeiros adultos, aproximadamente 3,5 anos de idade, variedade Catuaí Vermelho IAC 144, irrigados por gotejamento, em novembro de 2004 na Fazenda Café do Rio Branco (Latitude: 11°48'01" Sul; Longitude: 45°35'50" Oeste; Altitude: 735m), município de Barreiras - BA. O período analisado foi de novembro de 2004 a maio de 2008.

2.1 Caracterização física do solo da área experimental

As análises texturais da área onde está instalado o experimento estão apresentadas na Tabela 1. Na Tabela 2 estão os valores de retenção de água do solo para as diversas tensões. Considerou-se a umidade do solo correspondente à tensão de 5 e 1540 kPa como a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, respectivamente.

Tabela 1. Composição granulométrica, classificação textural e massa específica do solo da área experimental

Profundidade (cm)	Composição granulométrica (%)			Densidade do solo (g/cm ³)	Classificação textural
	Areia	Silte	Argila		
0-20	65,53	2,23	32,24	1,57	Franco argilo arenoso
20-40	63,37	2,86	33,78	1,57	Franco argilo arenoso
40-60	57,20	2,83	39,97	1,47	Argila arenosa

Tabela 2. Valores de retenção de água do solo (% umidade em peso) para distintos níveis de tensão de água no solo, para a área experimental

Camadas (cm)	Tensão (kPa)									
	0,1	1	2	5	10	20	33	50	70	1540
0-20	26,85	21,80	21,19	16,88	15,13	13,93	13,49	12,71	12,10	11,16
20-40	27,00	23,35	21,54	16,56	14,85	13,82	13,34	12,76	12,22	11,39
40-60	29,72	24,99	24,14	19,27	16,57	14,93	14,36	13,51	12,72	11,84

Os valores médios de capacidade de campo e ponto de murcha do solo, no perfil 0-60 cm, foram de 17,57 e 11,46% em peso, respectivamente.

2.2. Descrição dos tratamentos

O experimento foi implantado em cafeeiros adultos com data de plantio em dezembro de 2002 no espaçamento 3,80 x 0,5 m (5263 plantas ha⁻¹), irrigados por gotejamento, com emissores de vazão 2,3 L h⁻¹, espaçados a cada 0,75 m.

O experimento foi montado em um esquema fatorial 3 x 3, sendo três níveis de adubação nitrogenada e potássica, em 3 parcelamentos de fertirrigação. As parcelas experimentais foram compostas de 20 plantas (10 m), sendo as 10 plantas centrais consideradas úteis. O delineamento foi blocos casualizados, com 4 repetições. O detalhamento dos tratamentos pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3. Descrição dos diferentes tratamentos de níveis de N e K₂O e parcelamentos, Barreiras, BA

Tratamento	Doses (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)		Parcelamento	Nº de aplicações mensais
	N	K ₂ O		
1	900	800	A cada 15 dias	2
2	600	500	A cada 15 dias	2
3	300	250	A cada 15 dias	2
4	900	800	1 por Semana	4
5	600	500	1 por Semana	4
6	300	250	1 por Semana	4
7	900	800	2 Por Semana	8
8	600	500	2 Por Semana	8
9	300	250	2 Por Semana	8

Na Tabela 4, observam-se as distribuições dos adubos ao longo dos anos de experimentação, baseadas nas recomendações propostas por Santinato e Fernandes (2002) para a região Oeste da Bahia. Utilizou-se uréia como fonte de nitrogênio e cloreto de potássio com fonte de potássio.

Tabela 4. Distribuição dos adubos ao longo dos anos de condução do experimento

	Ano 1				Ano 2							
	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
N	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	5%	5%	5%	5%
K ₂ O	5%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	10%	5%	0%	0%	5%

2.3 Manejo da Irrigação

Com auxílio do software Irriplus determinou-se a demanda hídrica do cafeeiro, utilizando-se coeficientes de ajuste sobre a evapotranspiração de referência (ET_o). A lâmina bruta de irrigação foi calculada por meio de um balanço hídrico, em que as entradas de água foram a irrigação e precipitação pluvial efetiva, e as saídas, a evapotranspiração da cultura (ET_c) e percolação além da profundidade considerada para o sistema radicular. Utilizou-se a Equação 1, proposta por Doorenbos e Pruitt (1977), modificada por Mantovani e Costa (1998), para se estimar a evapotranspiração da cultura.

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \cdot K_s \cdot K_l \quad \text{eq.1}$$

em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura, em mm d⁻¹;

ET_o = evapotranspiração de referência, em mm d⁻¹;

K_c = coeficiente de cultura, adimensional;

K_s = coeficiente de estresse hídrico, adimensional;

K_l = coeficiente de localização, adimensional.

O método de estimativa da ET_o utilizado pelo Irriplus, de acordo com os elementos meteorológicos disponíveis (radiação solar, temperatura média, velocidade do vento, umidade relativa), foi pelo modelo de Penman-Monteith-

FAO 56 (ALLEN et al., 1998). Os dados meteorológicos utilizados para a realização do experimento foram obtidos em uma estação agrometeorológica automática, marca Davis, modelo Vantage Pro, localizada na própria propriedade.

O valor do coeficiente de estresse (K_s) foi calculado utilizando-se o modelo logarítmico proposto por Bernardo et al. (2006). O valor do coeficiente de localização de irrigação (K_l) foi calculado em função da porcentagem de área molhada ou sombreada, utilizando-se o modelo proposto por Keller e Bliesner (1990).

No experimento, foram utilizados valores do coeficiente de cultura (K_c), porcentagem de área sombreada (P) e profundidade efetiva do sistema radicular de 1,0, 50% e 0,60 m, respectivamente, sendo a porcentagem de área molhada de 30%.

2.4 Avaliações realizadas

As colheitas foram realizadas manualmente. Após cada colheita, foi determinado o volume da produção de cada parcela, e retirada duas amostras de 5 L, a primeira para a determinação do rendimento e peneira e a segunda para a determinação do estágio de maturação dos frutos colhidos. Foram comparadas as produtividades médias de cada tratamento, sendo o resultado obtido convertido para uma área de 1 ha, ou seja, em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare ($sc\ ha^{-1}$).

Também foram comparadas as porcentagens médias de frutos nos estádios de maturação verde, passa e cereja de cada tratamento.

A classificação quanto ao tamanho do grão (peneira) foi feita com amostra de aproximadamente 300 g e obtida pelas porcentagens de grãos retidos nas peneiras.

Para avaliação do desenvolvimento vegetativo, foram avaliados a altura de planta, os diâmetros de copa e de caule.

Realizou-se, com o uso de uma trena graduada em centímetros, a medição da altura e do diâmetro da copa. Para a medição do diâmetro de copa determinou-se o comprimento perpendicular à linha de plantio como referência.

Para a determinação do diâmetro do caule utilizou-se um paquímetro (0,05 mm) sendo a medição feita a 5 cm do solo.

Também foi determinada a área foliar específica (AFE), calculada com a aplicação da seguinte equação.

$$AFE = \frac{AF}{MS} \quad \text{eq. 2}$$

em que:

AFE = área foliar específica, em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$

AF = área foliar, em cm^2 ; e

MS = massa da folha seca, em g.

Para a determinação da AFE foi feita a coleta de folhas nos ramos produtivos, no 3º e no 4º pares de folhas, contando a partir do ápice, na altura média da planta, metodologia similar a proposta por Malavolta et al. (1993) e Martinez et al. (1999) para a coleta de folhas para análise química, nas 10 plantas úteis de cada parcela. Foram retiradas folhas voltadas para as faces norte e sul.

Após as coletas, as imagens das folhas foram digitalizadas em arquivos JPG (*Joint Photographic Experts Group*) e processadas para a obtenção das áreas no software Quanntroot (AMARAL, 2002). A matéria seca foi determinada em balança analítica no laboratório, após secagem em estufa a 60°C por tempo suficiente para obtenção de massa constante das folhas.

2.5 Avaliações do sistema radicular do cafeeiro

Para amostragem do sistema radicular, foi utilizado um trado tipo sonda (Figura 1) com 0,072 m de diâmetro e 1,30 m de comprimento, em pontos determinados a 0,30; 0,70 e 1,10 m de distância do ramo ortotrópico principal, dos dois lados da planta e perpendicularmente à linha (Figura 2). Foram retiradas amostras nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20; 0,30-0,40; 0,50-0,60; 0,70-0,80 e 0,90-1,00 m. A amostragem foi feita em uma planta em cada

parcela dos tratamentos 4, 5 e 6 em 3 repetições. A amostragem foi realizada em outubro de 2008.



Figura 1. Trato tipo sonda utilizado na amostragem do sistema radicular do cafeeiro.

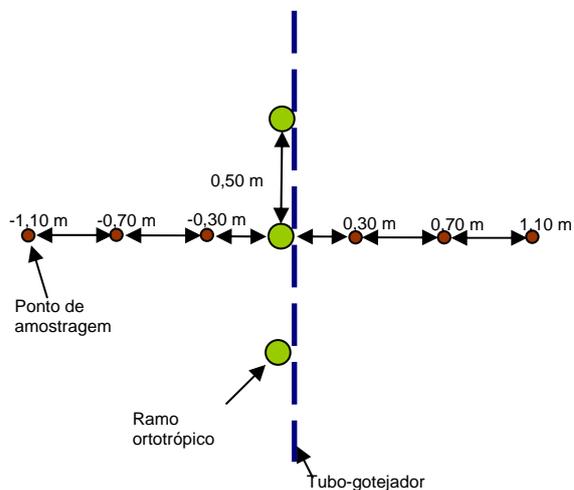


Figura 2. Posições de amostragens, em relação à linha de plantio e a linha lateral (tubogotejador), para a avaliação do sistema radicular do cafeeiro.

Após a retirada, as amostras de solo e raiz foram colocadas sobre uma peneira de malha 2 mm e com auxílio de jatos de água foi feita a separação do solo e das raízes.

Em seguida, as raízes foram conservadas em uma solução com 50% de álcool e posteriormente feita a classificação de acordo com o diâmetro, considerando raízes grossas (> 3 mm), raízes médias ou de suporte das absorventes (1 a 3 mm) e raízes finas ou absorventes (< 1 mm), conforme classificado por Rena e DaMatta (2002). Após a classificação, as raízes foram dispostas em folhas de transparência para o processamento das imagens obtidas em um scanner, com resolução de 300 dpi, em arquivos JPG e processadas para a obtenção do comprimento e diâmetro das raízes no software Quantroot (AMARAL, 2002).

Posteriormente determinou-se a matéria seca em balança analítica, após secagem em estufa a 60°C por tempo suficiente para obtenção de massa constante das raízes.

O comprimento das raízes permitiu determinar a densidade de comprimento radicular (DCR), pela Equação 3, e a massa seca das raízes permitiu determinar a densidade radicular (DR) através da Equação 4.

$$DCR = \frac{L_R}{V_A} \quad \text{eq. 3}$$

em que:

DCR = densidade de comprimento radicular (cm cm⁻³);

L_R = comprimento total das raízes na amostra (cm); e

V_A = volume total da amostra de solo (cm⁻³).

$$DR = \frac{M_R}{V_R} \quad \text{eq. 4}$$

em que:

DR = densidade radicular (g dm⁻³);

M_R = massa seca das raízes (g);

V_A = volume total da amostra de solo (dm⁻³).

Na Tabela 5 apresentam-se as avaliações e os respectivos anos, uma vez que algumas delas não foram analisadas em todas as safras ou anos.

Tabela 5. Avaliações e respectivos anos em que foram realizadas

Avaliações	2005	2006	2007	2008
Produção	SIM	SIM	SIM	SIM
Grau de maturação	NÃO	SIM	SIM	SIM
Crescimento (diâmetros de copa e caule e altura de planta)	SIM	NÃO	SIM	NÃO
Rendimento e peneira	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Área foliar específica	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Análises do sistema radicular	NÃO	NÃO	NÃO	SIM

2.6 Análises estatísticas

Para as análises estatísticas das produtividades, variáveis de desenvolvimento (altura de planta, diâmetros de copa e caule), classificação por peneira, rendimento e os estádios de maturação dos frutos do cafeeiro foram adotados os esquemas de parcelas subdivididas em que as doses constituíram os tratamentos da parcela e as freqüências de fertirrigação os tratamentos na subparcela.

Os dados de produtividade também foram submetidos à análise de regressão sendo os modelos escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t até 10% de probabilidade, no coeficiente de determinação e no fenômeno biológico.

Na análise dos dados de AFE foi adotado o esquema de parcelas subdivididas em que as doses constituíram os tratamentos da parcela e as freqüências de fertirrigação os tratamentos na subparcela e a face ou lado de amostragem de folhas constituíram os tratamentos da subsubparcela.

Nas análises dos dados da densidade de comprimento radicular (DCR) e de densidade radicular (DR) também se trabalhou com o esquema de parcelas subdivididas onde os três tratamentos constituíram a parcela e a profundidade e distância de amostragem constituíram os tratamentos da subparcela.

Na análise de variância, empregou-se o teste F a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5%.

Para as análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico "SAEG 9.0", desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Condições climáticas e manejo da irrigação

Na Figura 3 observam-se a evapotranspiração de referência (média e máxima mensal) e a temperatura média mensal, entre os meses de novembro de 2004 e maio de 2008. Nesse período o valor acumulado da ETo foi de 5444 mm (média de 4,20 mm d⁻¹ e 1.485 mm ano⁻¹), sendo que o mês de outubro de 2007 apresentou a maior média de ETo (5,85 mm d⁻¹) e novembro de 2007 o valor máximo de ETo diária 8,76 mm d⁻¹. A temperatura média do período em estudo foi de 22,9 °C, sendo a maior média mensal (25,7 °C) obtida em outubro de 2005.

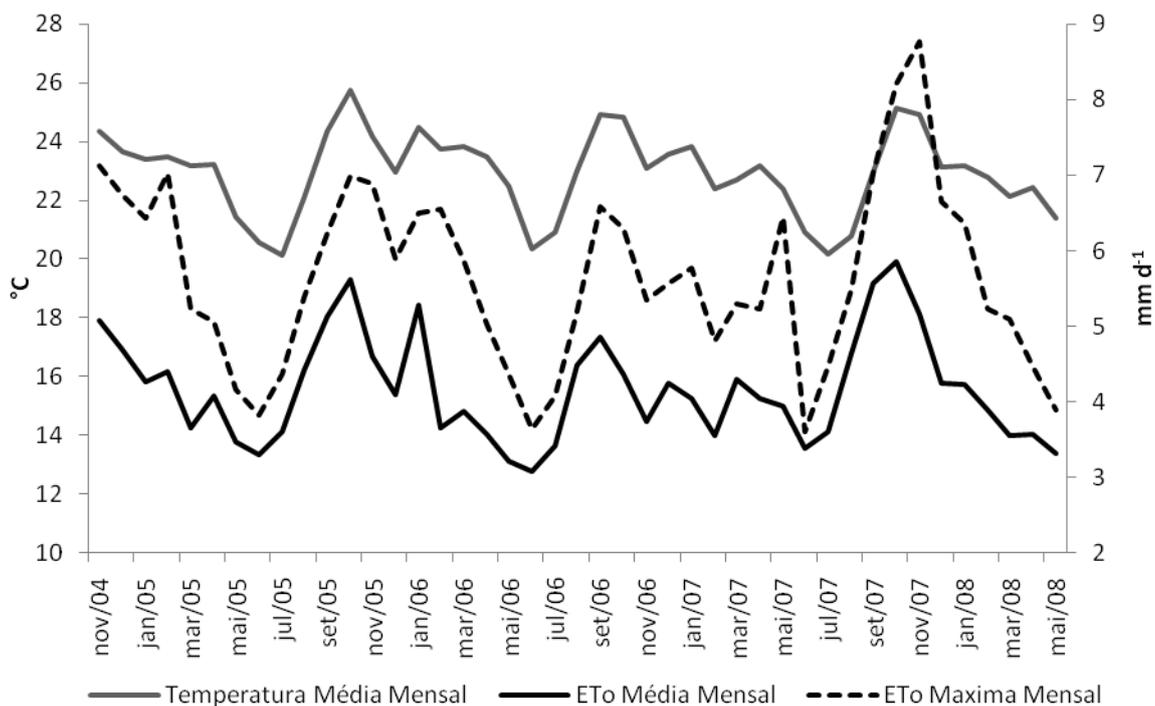


Figura 3. Evapotranspiração de referência (média e máxima mensal), em mm d^{-1} , e temperatura média mensal, em $^{\circ}\text{C}$.

Na Figura 4 observam-se, ao longo do período analisado (novembro/2004 a maio/2008), a umidade do solo estimada pelo Irriplus, as lâminas de irrigação aplicadas e as precipitações para o experimento. A lâmina total de irrigação aplicada durante o período foi de 3.028 mm (826 mm ano^{-1}) e a precipitação acumulada neste período foi de 3.715 mm.

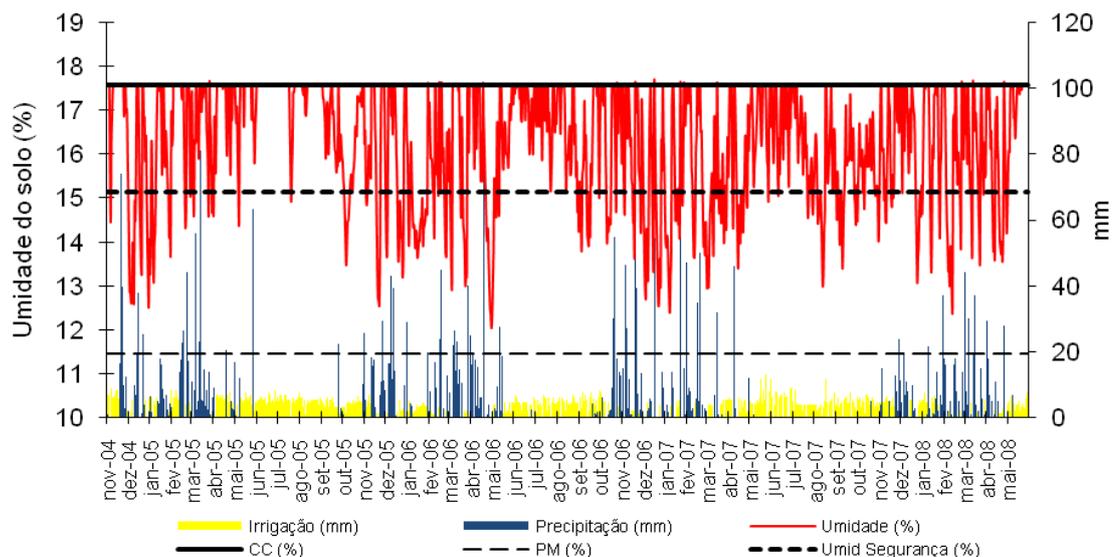


Figura 4. Umidade do solo (gravimétrica) estimada pelo software Irriplus, lâminas de irrigação aplicadas e precipitações pluviais para o experimento.

Observa-se que os períodos onde a umidade do solo permanece abaixo da umidade de segurança do solo (umidade referente ao fator de disponibilidade de água do solo) ocorreram principalmente nos períodos de chuva, devido principalmente à dificuldade de manejo da irrigação nesse período, onde sempre se procura utilizar a maior porcentagem de precipitação possível.

3.2 Produtividade e outras variáveis

Verificou-se efeito isolado entre as diferentes doses ($P < 0,05$) para a produtividade do cafeeiro, em $sc\ ha^{-1}$, para a safra 2005, 2006, 2008 e para média das quatro safras estudadas (Tabela 6). As doses 600/500 e 900/800 (N/K₂O) diferiram da dose 300/250 na média das quatro safras, sendo que a dose 600/500 proporcionou a maior produtividade média, tendo ocorrido o mesmo nas safras 2006 e 2008. Na safra 2005 a dose que proporcionou maior produtividade foi 900/800 seguida pela 600/500. Na safra 2007 não houve diferenças significativas, embora o tratamento 300/250 tenha obtido a maior produtividade.

Tabela 6. Produtividade, em sacas por hectare, do cafeeiro fertirrigado submetido a diferentes doses de N e K₂O

Doses (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹) (N/K ₂ O)	Produtividade (sc ha ⁻¹)				
	2005	2006	2007	2008	Média
600/500	52,2 AB	68,9A	58,9 A	67,3 A	60,9 A
900/800	53,7 A	64,5 A	54,9 A	66,1 AB	60,4 A
300/250	49,1 B	50,7 B	61,3 A	55,5 B	53,3 B

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Esse resultados contrapõem aos encontrados, também no cerrado, por Sanzonowicz et al. (2003), que estudando o efeito doses de nitrogênio no cafeeiro decotado, variedade Mundo Novo, em Planaltina – DF, concluíram após 4 safras, que não houve efeito significativo da aplicação de doses de nitrogênio na produção anual do cafeeiro. Segundo os autores esse resultado pode ser atribuído à adubação residual dos anos anteriores, ao alto coeficiente de variação e a poda sofrida pela planta. Os autores trabalharam com doses, totais a cada dois anos, variando de 200 a 600 Kg ha⁻¹ de N, além da testemunha sem adubação, que proporcionaram uma produtividade média de 23,2 sc ha⁻¹, produtividade bem abaixo da encontrada no experimento, que foi de 59,1 sc ha⁻¹

A dose de 600/500 de N/K₂O, em função da produtividade obtida (61,9 sc ha⁻¹) estão de acordo com Santinato (2005) para a região Oeste da Bahia, que observou as exigências de 574 kg ha⁻¹ de N e 454 kg ha⁻¹ de K₂O para a obtenção uma produtividade semelhante.

Os resultados aqui encontrados e os obtidos por Santinato (2005) contrapõem aos obtidos por Rena et al. (2003), em Patrocínio – MG, observaram que doses de 1000-1200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de 20-5-20, foram suficientes para suprir as demandas do cafeeiro, mas vale ressaltar que a produtividade, em condição de sequeiro, obtida pelos autores foi de 31,0 sc ha⁻¹, praticamente metade da obtida no presente experimento.

Também se verificou efeito isolado da frequência de fertirrigação (P < 0,05) sobre a produtividade do cafeeiro, em sc ha⁻¹, para todas as safras, com exceção da safra 2006, e para a média das quatro safras (Tabela 7). Observa-se que o parcelamento com duas aplicações mensais proporcionou maior produtividade que os demais parcelamentos, não diferindo

estatisticamente do parcelamento em oito vezes mensais, para a média das quatro safras. O parcelamento mensal de 8 vezes utilizado é semelhante ao apresentado por Santinato et al. (2008) que recomenda, mensalmente para cafeeiros adultos, até oito aplicações para sistemas de irrigação por gotejamento e quatro aplicações para pivô centrais equipados com emissores LEPA.

Tabela 7. Produtividade, em sacas por hectare, do cafeeiro submetido a diferentes parcelamentos mensais da fertirrigação, em Barreiras, BA

Parcelamento (mensal)	Produtividade (sc ha ⁻¹)				
	2005	2006	2007	2008	Média
2	56,1 A	62,6 A	63,0 A	62,1 AB	60,9 A
8	53,3 AB	61,6 A	51,6 B	69,3 A	58,5 AB
4	45,6 B	59,9 A	55,6 AB	57,8 B	55,2 B

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Resultados semelhantes foram encontrados por Coelho e Silva (2005), que avaliando o efeito de diferentes épocas de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro (3 safras), variedade Catuaí IAC 144, irrigado por gotejamento, em Lavras-MG, encontraram efeito significativo do parcelamento de adubação apenas para a produção de café da roça, onde a parcela que recebeu 12 aplicações de fertilizantes de forma manual proporcionou o melhor resultado, sobre as demais parcelas que receberam 12, 24 e 36 aplicações de fertilizantes via água de irrigação, sendo a aplicação de fertilizantes iniciada em outubro e encerrada em março. Silva et al. (2005) e Coelho et al. (2004) analisando o mesmo experimento, com a adição de mais duas safras, também não encontraram efeito significativo do parcelamento de adubação na produtividade do cafeeiro. Vale ressaltar que foram testadas 3 épocas de irrigação: 01/06 a 30/09, 15/07 a 30/09 e 01/09 a 30/09, além da testemunha sem irrigação.

Karasawa et al. (2002) e Vilella e Faria (2003), também em Lavras – MG, não observaram efeito significativo do parcelamento de nutrientes em nenhum dos parâmetros avaliados do cafeeiro (crescimento, produtividade e qualidade).

Em outras culturas perenes, como citros, também há dificuldade de se mensurar os efeitos da frequência de fertirrigação. Kusakabe et al. (2006) trabalhando com laranja Newhall observaram que não houve influência do parcelamento da fertirrigação (27, 9 e 3 aplicações por ano) na produção de frutos. Da mesma forma, Tomlinson e Coetzee (1997), não obtiveram diferenças de produtividade quando compararam aplicação convencional de fertilizantes e várias frequências de fertirrigação em laranja Midnight Valência.

A interação entre doses e parcelamentos mensais da fertirrigação foi significativa ($P < 0,05$) para a produtividade do cafeeiro na safra 2005 e 2007 e para a média das quatro safras (Tabela 8).

Tabela 8. Produtividade, em sacas por hectare, do cafeeiro submetido a diferentes doses e parcelamentos mensais da fertirrigação

Doses (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹) (N/K ₂ O)	Parcelamento Mensal		
	2	4	8
Produtividade 2005 (sc ha ⁻¹)			
900/800	50,0 A a	51,2 A a	59,8 A a
600/500	54,8 AB a	42,4 B a	59,4 A a
300/250	63,3 A a	43,2 B a	40,9 B b
Produtividade 2006 (sc ha ⁻¹)			
900/800	67,4 A a	67,1 A a	59,1 A a
600/500	77,1 A a	64,2 A a	65,5 A a
300/250	43,3 A a	53,5 A a	55,2 A a
Produtividade 2007 (sc ha ⁻¹)			
900/800	50,5 A b	64,8 A a	56,3 A a
600/500	61,3 A b	55,8 A ab	47,7 A a
300/250	77,1 A a	46,3 B b	50,87 a
Produtividade 2008 (sc ha ⁻¹)			
900/800	67,0 A a	61,0 A a	70,4 A a
600/500	69,2 A a	60,5 A a	79,0 A a
300/250	50,0 A a	52,0 A a	64,5 A a
Produtividade Média (sc ha ⁻¹)			
900/800	58,7 A b	61,0 A a	61,4 A a
600/500	65,6 A a	55,8 B a	61,4 AB a
300/250	58,4 A b	48,8 B b	52,9 AB b

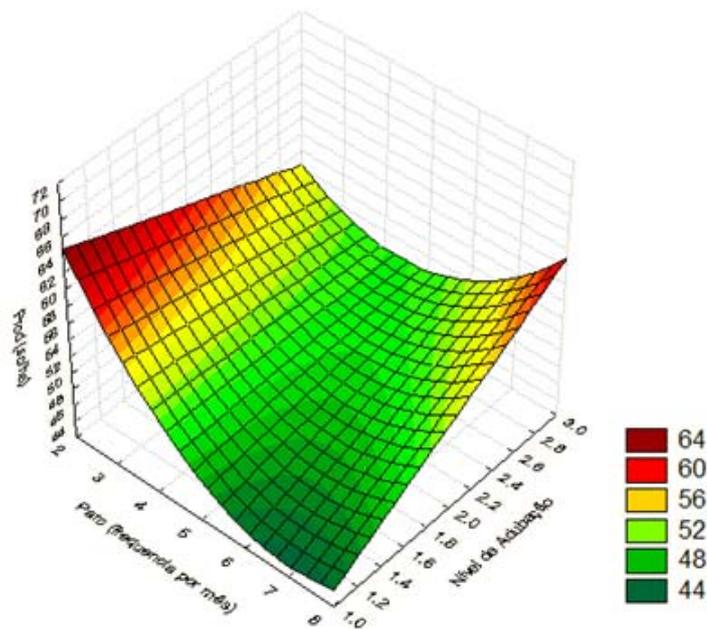
Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada safra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

O Tratamento 2 (600/500 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N/K₂O com dois parcelamentos mensais) foi o que apresentou maior produtividade na média das quatro safras estudadas (65,6 sc ha⁻¹). O Tratamento 3 (300/250 kg ha⁻¹

ano⁻¹ de N/K₂O com dois parcelamentos mensais) proporcionou maiores produtividades nas safras 2005 e 2007, mas, na média, foi inferior ao Tratamento 2.

Esses resultados também demonstram que o produtor, estando descapitalizado para o custeio da safra, pode optar pela redução na quantidade de N e K₂O aplicada na lavoura, uma vez que a mesma não proporcionou produtividade muito abaixo das demais doses aqui estudadas.

Nas Figuras 5 e 6 observam-se as estimativas de produtividade, em sacas por hectare, para as médias das safras de baixa produtividade - 2005 e 2007- (Figura 5) e alta produtividade – 2006 e 2008 - (Figura 6), em função das doses e parcelamentos da fertirrigação. Os níveis de adubação 1, 2, e 3 correspondem às doses 300/250, 600/500 e 900/800 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N/K₂O, respectivamente.



$$\text{Prod} = 94,3 - 9,96944 \text{ NívelAdub.} - 13,89 \cdot \text{Parc}^2 + 2,2722 \cdot \text{NívelAdub.} \cdot \text{Parc}$$

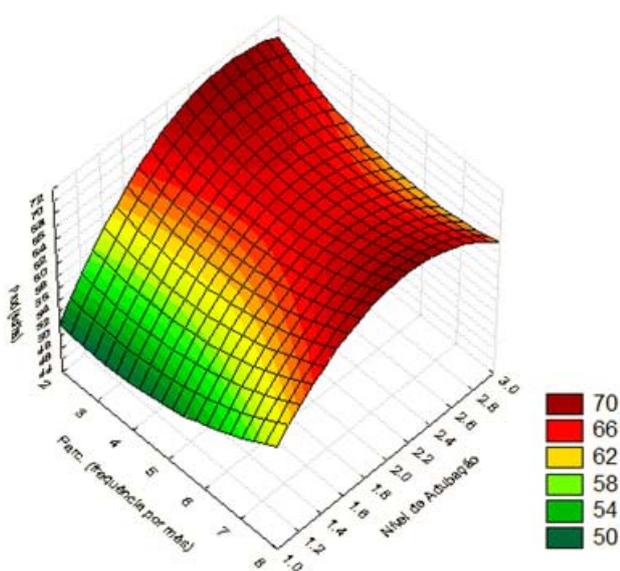
$$*p < 0,05 \quad ** p < 0,01 \quad R^2 = 0,66$$

Figura 5. Estimativa da produtividade (sc ha⁻¹), para a médias das safras de baixa produtividade (2005 e 2007), do cafeeiro submetido a diferentes níveis e parcelamentos de fertirrigação.

Observa-se na Figura 5 que a produtividade do cafeeiro, para a média das safras de baixa produtividade (2005 e 2007), possui comportamento linear, em relação ao nível de adubação, sendo um aumento linear em função do

maior parcelamento e diminuição em função do menor parcelamento. Já em função das freqüências de fertirrigação, observou-se o comportamento quadrático da produtividade do cafeeiro para os diferentes níveis de adubação.

Esses resultados conflitantes podem explicar os resultados encontrados na Tabela 7 para a média das quatro safras estudadas, onde se observou que o parcelamento com duas aplicações mensais proporcionou maior produtividade que os demais parcelamentos, não diferindo estatisticamente do parcelamento em oito vezes mensais.



$$\text{Prod} = 14,4 - 48,1453^{**}\text{NívelAdub.} - 9,0722^{**}\text{NívelAdub}^2 - 1,3745\text{Parcel} + \dots$$

$$\dots + 0,4210^{\circ}\text{Parcel}^2 - 1,2292^{**}\text{NívelAdub} \times \text{Parcel}$$

°p<0,10 *p<0,05 ** p<0,01 R² = 0,89

Figura 6. Estimativa da produtividade (sc ha⁻¹), para a média das safras de alta produtividade (2006 e 2008), do cafeeiro submetido a diferentes níveis e parcelamentos de fertirrigação.

Quando analisou-se as produtividades das safras de alta produtividade (2006 e 2008), Figura 6, observou efeito quadrático para a produtividade em função do nível de adubação e parcelamento da fertirrigação. As maiores produtividades, fixando-se os parcelamentos, foram obtidas com os níveis de adubação correspondentes à 2,52; 2,38 e 2,11 para os parcelamentos de 2, 4 e 8, respectivamente.

Analisando em conjunto as duas figuras (5 e 6) percebe-se que o parcelamento é mais importante nos anos de baixa produtividade (2005 e

2007) e a dose nos anos de alta produtividade (2006 e 2008), embora se tenha observado interação entre dose e parcelamento.

Para as análises de desenvolvimento do cafeeiro (diâmetro da copa, altura e diâmetro de caule), verificou-se, na primeira avaliação realizada no dia 10/12/2005 diferença estatística ($P < 0,05$), entre as doses e os parcelamentos para a variável diâmetro da copa e entre os parcelamentos e altura do caule. Na segunda avaliação (19/09/2007), verificou-se diferença estatística ($P < 0,05$) entre as doses apenas para a variável diâmetro da copa, não observando diferença estatísticas para as demais variáveis. A variável diâmetro de caule não apresentou diferenças estatísticas em nenhuma das avaliações. Nas Tabelas 9, 10 e 11 observam-se os resultados da primeira e segunda medição biométrica do experimento.

Tabela 9. Diâmetro médio da copa do cafeeiro, em centímetros, em função das diferentes doses de N e K₂O nas duas avaliações realizadas

Doses (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)		Diâmetro da copa (cm)	
N	K ₂ O	10/12/2005	19/09/2007
900	800	191,4 AB	185,7 B
600	500	197,2 A	188,6 AB
300	250	187,2 B	192,5 A

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Tabela 10. Diâmetro da copa do cafeeiro, em centímetros, em função dos diferentes parcelamentos mensais de N e K₂O nas duas avaliações realizadas

Parcelamento (mensal)	Diâmetro da copa (cm)	
	10/12/2005	19/09/2007
2	191,5 AB	186,9 A
4	186,8 B	188,6 A
8	197,4 A	191,3 A

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Tabela 11. Altura do caule do cafeeiro, em centímetros, em função dos diferentes parcelamentos mensais de N e K₂O nas duas avaliações realizadas

Parcelamento (mensal)	Altura do caule (cm)	
	10/12/2005	19/09/2007
2	213,0 A	266,0 A
4	209,4 AB	267,1 A
8	203,3 B	270,5 A

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Observa-se na Tabela 9 que a dose 600/500 de N e K₂O proporcionou o maior diâmetro da copa na primeira avaliação e na segunda avaliação não diferiu do melhor resultado, que foi observado na dose 300/250 de N e K₂O. Já o parcelamento da fertirrigação (Tabela 10) que proporcionou o maior diâmetro da copa do cafeeiro, na primeira avaliação, foi o de 8 vezes mensais diferindo-se apenas do parcelamento em 4 vezes. O diâmetro médio da copa do cafeeiro foi de 191,9 e 189,0 cm na primeira e segunda avaliação, respectivamente. Essa pequena diferença entre as duas avaliações pode ser explicada considerando que a primeira avaliação foi realizada em pleno período chuvoso, ao contrario da segunda que foi realizada no final do período seco do ano.

Na primeira avaliação o parcelamento da fertirrigação que proporcionou a maior altura do caule cafeeiro foi de 2 vezes mensais (Tabela 11). A altura do caule do cafeeiro foi de 208,6 e 267,9 cm na primeira e segunda avaliação respectivamente, demonstrando um crescimento de quase 60 cm em 21 meses aproximadamente. O diâmetro do caule do cafeeiro foi de 4,36 e 5,27 cm na primeira e segunda avaliação respectivamente.

Observou-se resposta significativa para as diferentes doses apenas no diâmetro da copa do cafeeiro, tais resultados se assemelham aos encontrados por Nazareno et al. 2003, que observaram resposta ao N e ao K apenas no crescimento em número de ramos plagiotrópicos e nós com gemas por planta, mas não observando resposta no aumento da massa seca da parte aérea e no índice de área foliar.

Na Tabela 12 observam-se os estádios de maturação dos frutos, safra 2006, 2007, 2008 e média das três safras, no momento da colheita dos cafeeiros fertirrigados.

Tabela 12. Estádios de maturação dos frutos na colheita dos cafeeiros submetidos a diferentes doses e parcelamentos mensais de N e K₂O

Tratamento	Cereja			
	2006	2007	2008	Média
1	61,2	67,1	71,4	66,6
2	54,6	65,8	70,3	63,6
3	63,1	68,6	64,5	65,4
4	68,1	68,0	66,4	67,5
5	59,6	68,9	66,0	64,8
6	68,0	73,1	66,9	69,3
7	58,2	71,6	65,9	65,2
8	62,8	69,6	73,6	68,7
9	56,4	73,5	66,3	65,4
Média	61,3	69,6	67,9	66,3
Tratamento	Passa			
	2006	2007	2008	Média
1	19,2	19,0	14,5	17,6
2	25,4	19,4	12,0	18,9
3	19,0	13,7	16,0	16,2
4	16,7	17,5	23,6	19,3
5	17,9	11,9	17,1	15,6
6	13,3	18,4	12,3	14,7
7	22,2	11,6	17,9	17,2
8	19,0	15,4	12,1	15,5
9	22,9	11,3	20,4	18,2
Média	19,5	15,4	16,2	17,0
Tratamento	Verde			
	2006	2007	2008	Média
1	19,5	13,9	14,1	15,8
2	20,0	14,9	17,8	17,6
3	17,8	17,6	19,5	18,3
4	15,2	14,5	10,0	13,2
5	22,5	19,3	16,9	19,6
6	18,7	8,5	20,9	16,0
7	19,6	16,8	16,3	17,6
8	18,2	15,0	14,3	15,8
9	20,7	15,3	13,4	16,5
Média	19,1	15,1	15,9	16,7

Não se verificou diferença estatística ($P < 0,05$) entre as doses e os estádios de maturação. Segundo Malta et al. (2003), a adubação de

nitrogenada retarda a maturação dos frutos do cafeeiro, fato este não observado no experimento, uma vez que não observou-se diferença de porcentagem de frutos no estágio de maturação verde.

As maiores porcentagens de frutos foram encontradas no estágio cereja (66,3% média da três safras avaliadas), fato este que pode proporcionar a obtenção de um café de melhor qualidade de bebida.

Observou-se efeito do parcelamento mensal sobre o rendimento, em litros de café da roça por saca beneficiada ($p < 0,05$), na safra 2008 (Tabela 13). O parcelamento de 4 vezes ao mês proporcionou o melhor rendimento. Observa-se na Tabela 7, para a safra de 2008, que o parcelamento de 4 vezes ao mês também proporcionou a menor produtividade comparando aos outros parcelamentos. O rendimento é afetado consideravelmente por déficit hídrico que ocorre na expansão do grão do café (outubro-dezembro), fato este que não ocorreu durante o experimento. O que pode ter proporcionado essa diferença no rendimento foi a maior facilidade para enchimento do grão do café pelos tratamentos submetidos ao parcelamento de 4 vezes ao mês, uma vez, que produziram em menor quantidade.

Tabela 13. Rendimento ($L\ sc^{-1}$) de café da roça necessário para produzir uma saca beneficiada

Parcelamento (mensal)	Rendimento (litros de café da roça por sc beneficiada)
8	531 A
2	518 AB
4	512 B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Não observaram efeitos significativos dos tratamentos sobre a porcentagem de grãos na classificação peneira 16 ou acima. A porcentagem encontrada foi de 46,3%, que traduz-se em bom percentual de café para exportação, uma vez que os exportadores preferem grãos maiores, pois, assim, estão automaticamente eliminando defeitos. Esse valor está coerente com os apresentados por Custódio et al. (2007) e Garcia et al. (2006), e inferiores aos apresentados por Drumond et al. (2006).

Não se observou efeito das doses e parcelamentos da fertirrigação sobre a área foliar específica - AFE ($p < 0,05$). Estes resultados contrapõem os

encontrados em outras culturas por Costa et al. (2008) e Cogo et al. (2005) trabalhando com elixir paregórico (*Ocimum selloi* Benth.) e batata, respectivamente. A AFE média foi de 149,4 cm² g⁻¹, valor este pouco superior ao encontrado por Matsumoto et al. (2006), que observaram valores médios de aproximadamente 140 cm² g⁻¹ em cafeeiros cultivados a pleno sol em Vitória da Conquista – BA.

Porém quando se analisaram as folhas das faces de exposição norte e sul, observou-se diferença estatística ($p < 0,05$), fato este também observado por Moraes et al. (2003), para o cafeeiro.

As folhas com maior exposição ao sol da tarde, ou seja, à radiação solar, (face norte) apresentaram valores de AFE iguais a 124,8 cm² g⁻¹ e as folhas presentes na face sul apresentaram AFE iguais a 174,1 cm² g⁻¹, ou seja, as folhas da face norte apresentaram sendo menores e compactas quando comparadas com as folhas da face sul. Resultados semelhantes foram encontrados por Gonçalves et al. (2005), que observam que as folhas no mogno em plantios à céu aberto (folhas com maior exposição ao sol), foram três vezes menores quando comparadas com as folhas de menor exposição ao sol (plantios sombreados). Segundo Dickison (2000), as folhas de maior exposição ao sol são menores, mais espessas e mais rústicas em relação às folhas de menor exposição ao sol de uma mesma copa, por terem maior quantidade de tecidos protetores.

3.3 Análises do sistema radicular

Observou efeito significativo ($p < 0,05$) das doses de N e K₂O sobre o desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro (raízes finas), como pode ser observado nos valores de DCR e DR na Tabela 14.

Observa-se que os cafeeiros submetidos às menores doses de N e K₂O obtiveram um maior desenvolvimento do sistema radicular, compensando assim, as menores doses, com o maior crescimento do mesmo. Estes resultados ratificam a afirmação de Amaral (2002), que sob baixas condições de disponibilidade de nutrientes pode ocorrer maior produção de raízes do cafeeiro, para algumas cultivares. Lima et al. (2008), também observaram nos

cafeeiros que receberam as menores doses de adubos maior crescimento do sistema radicular.

Tabela 14. Densidade de comprimento radicular – DCR (cm cm^{-3}) e densidade radicular - DR (g dm^{-3}) de raízes finas para as diferentes doses de N e K_2O

Doses ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) (N/ K_2O)	DCR (cm cm^{-3})	DR (g dm^{-3})
300/250	2,47 A	0,5545 A
600/500	1,94 B	0,4546 B
900/800	1,94 B	0,4991 AB

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Os resultados apresentados na Tabela 15 corroboram com as afirmações acima, uma vez que a interação doses e camadas amostradas foram significativas ($p < 0,05$) para DR de raízes finas. Observa-se que os cafeeiros submetidos às doses 300/250 e 600/500 (N/ K_2O) produziram maior quantidade de raízes, na camada 0-10 cm, que os cafeeiros submetidos a dose de 900/800 (N/ K_2O).

Tabela 15. Densidade radicular – DR (g cm^{-3}) de raízes finas para as camadas amostradas em função das doses de N e K_2O

Camada (cm)	Doses ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) (N/ K_2O)		
	300/250	600/500	900/800
0-10	2,02 A a	1,90 A a	1,62 B a
10-20	0,55 A b	0,48 A bc	0,37 A bc
30-40	0,29 A c	0,25 A bc	0,31 A bc
50-60	0,19 A c	0,14 A c	0,17 A bc
70-80	0,16 A c	0,13 A c	0,14 A bc
90-100	0,11 A c	0,10 A c	0,11 A c

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Houve efeito significativo da interação das doses e distâncias amostradas ($p < 0,5$) para a DCR (raízes finas e médias) e DR (raízes finas apenas). Nas Tabelas 16 e 17 observam os valores de DCR e DR, respectivamente, para as camadas e doses amostradas. Observam-se a maior

concentração de raízes na faixa fertirrigada, sob o tubogotejador, nas distâncias 30 e 70 cm. Resultados estes coerentes com os apresentados por Rena e DaMatta (2002), que observaram, em cafeeiros de 6 anos de idade em Ponte Nova – MG, o maior volume radicular do lado onde se aduba normalmente.

Observa-se nas Tabelas 16 e 17 que tanto a DCR como a DR, ambas para raízes finas na distância 70 cm e na dose de 300/250 N/K₂O, foram superiores às demais camadas amostradas, demonstrando o maior desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro submetido a menor dose de N e K₂O.

Tabela 16. Densidade de comprimento radicular – DCR (cm cm⁻³) de raízes finas e médias para as diferentes doses e camadas amostradas

Doses (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹) (N/K ₂ O)	Distância (cm)					
	-110	-70	-30	30	70	110
Raízes finas						
300/250	0,5 D a	2,33 BCD a	2,63 BCD a	3,04 BC a	4,94 A a	1,4 CD a
600/500	0,36 C a	1,53 BC a	1,99 BC a	3,69 AB a	2,59 ABC b	1,46 BC a
900/800	0,73 B a	2,52 A a	2,21 A a	2,67 A a	2,69 A b	0,81 B a
Raízes médias						
300/250	0,02 C a	0,02 BC a	0,06 ABC a	0,06 ABC ab	0,07 AB a	0,02 BC a
600/500	0,01 C a	0,02 BC a	0,05 ABC a	0,09 AB ab	0,05 ABC a	0,02 BC a
900/800	0,03 A a	0,03 A a	0,03 A a	0,05 A b	0,04 A a	0,02 A a

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna), dentro da mesma classe de raízes não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 17. Densidade radicular – DR (g dm⁻³) de raízes finas para as diferentes doses e camadas amostradas

Doses (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹) (N/K ₂ O)	Distância (cm)					
	-110	-70	-30	30	70	110
Raízes finas						
300/250	0,16 D a	0,53 BCD a	0,66 BC a	0,68 BC ab	0,98 A a	0,31 CD ab
600/500	0,11 D a	0,41 C a	0,48 BC a	0,84 AB ab	0,71 ABC b	0,44BC ab
900/800	0,16 D a	0,53 BCD a	0,66 BC a	0,68 BC ab	0,98 A a	0,31 CD ab

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula (linha) e minúscula (coluna), não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observou-se efeito isolado na distância de amostragem sobre a DCR e DR para as raízes finas e médias, como pode ser observado pelas médias na

Tabela 18. Observou-se a maior concentração de raízes nas distâncias de 30 e 70 cm sob o tubogotejador, ou seja, na faixa molhada e fertirrigada. Resultados estes que contradizem os apresentados por Barreto (2005), que trabalhando com cafeeiros irrigados por gotejamento superficial e subsuperficial, observou que o bulbo úmido interferiu no desenvolvimento radicular do cafeeiro reduzindo a densidade de raízes, provavelmente devido ao alto conteúdo de água da zona molhada e que houve maior concentração de raízes próximo à planta no lado onde não ocorre o gotejamento.

Tabela 18. Densidade de comprimento radicular – DCR (cm cm^{-3}) e densidade radicular - DR (g dm^{-3}) de raízes finas e médias para as distâncias amostradas

Distância (cm)	DCR (cm cm^{-3})	Distância (cm)	DR (g dm^{-3})
Raízes finas			
70	3,40 A	70	0,77 A
30	3,13 A	30	0,71 AB
-30	2,27 B	-30	0,55 BC
-70	2,12 B	-70	0,51 C
110	1,22 C	110	0,32 D
-110	0,53 C	-110	0,17 D
Raízes médias			
30	0,0654 A	30	0,3379 A
70	0,0526 A	70	0,2959 AB
-30	0,0462 AB	-30	0,2748 ABC
-70	0,0244 BC	-70	0,1481 BCD
110	0,0197 C	110	0,0910 CD
-110	0,0168 C	-110	0,0777 D

Médias seguidas por uma mesma letra, para DCR e DR dentro das classes de raízes, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Também foi observado efeito isolado na camada amostrada sobre a DCR e DR para as raízes finas e médias (Tabela 19). Como já era esperado, as camadas superficiais (0-10 e 10-20 cm) foram as que apresentaram maiores concentrações de raízes (DCR e DR) tanto para as raízes finas quanto para as médias.

Os valores observados de DR, tanto de raízes finas e médias, em todas as camadas, estão de acordo com os observados na literatura (SOARES et al., 2007; BARRETO, 2005). Já Partelli et al. (2006) observaram valores na ordem de $7,1 \text{ cm cm}^{-3}$ (raízes finas) para a camada de 0-20 cm para plantas de café 'Conilon', provenientes de sementes e de estacas, no Município de Vila Valério,

ES. Os autores também observaram essa redução da densidade das raízes com a profundidade.

Diversos autores observaram a maior concentração de raízes do cafeeiro nas camadas mais superficiais (GARRIZ, 1978; SOARES et al., 2007; SAÍZ DEL RIO et al., 1961).

Tabela 19. Densidade de comprimento radicular – DCR (cm cm^{-3}) e densidade radicular - DR (g dm^{-3}) de raízes finas e médias para as camadas amostradas

Camada (cm)	DCR (cm cm^{-3})	Camada (cm)	DR (g dm^{-3})
Raízes finas			
0-10	8,48 A	0-10	1,85 A
10-20	1,87 B	10-20	0,47 B
30-40	0,94 C	30-40	0,28 C
50-60	0,56 C	50-60	0,17 CD
90-100	0,54 C	70-80	0,14 CD
70-80	0,30 C	90-100	0,10 D
Raízes médias			
0-10	0,0907 A	0-10	0,4610 A
10-20	0,0494 B	10-20	0,3097 B
30-40	0,0359 BC	30-40	0,1919 BC
50-60	0,0184 C	50-60	0,1103 C
70-80	0,0165 C	70-80	0,0858 C
90-100	0,0142 C	90-100	0,0666 C

Médias seguidas por uma mesma letra, para DCR e DR dentro das classes de raízes, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) da interação entre distância e camada amostrada sobre a DCR e DR. Nas Tabelas 20 e 21 observam as médias de DCR (Tabela 20) e DR (Tabela 21) para as diferentes distâncias e camadas amostradas.

Analisando as duas tabelas juntamente com as Tabelas 15, 16, 18 e 19 confirmam a maior concentração de raízes nas camadas superficiais e nas proximidades dos tubogotejadores.

Tabela 20. Densidade de comprimento radicular – DCR (cm cm^{-3}) de raízes finas e médias para as distâncias e camadas amostradas

Camada (cm)	Distância (cm)					
	-110	-70	-30	30	70	110
Raízes finas						
0-10	1,7 E a	9,37 C a	9,03 C a	14,48 A a	12,33 B a	3,94 D a
10-20	0,58 C a	1,56 ABC b	2,47 ABC bc	2,28 ABC bc	3,27 ABC bc	1,05 BC b
30-40	0,21 A a	0,67 A b	1,15 A bc	0,88 A bc	2,03 A bc	0,71 A b
50-60	0,26 A a	0,47 A b	0,43 A c	0,35 A c	1,10 A c	0,77 A b
70-80	0,27 A a	0,42 A b	0,37 A c	0,53 A bc	1,19 A c	0,46 A b
90-100	0,16 A a	0,26 A b	0,20 A c	0,27 A c	0,49 A c	0,40 A b
Raízes médias						
0-10	0,01 D a	0,08 BCD ab	0,12 BC ab	0,19 A a	0,11 BC ab	0,03 CD a
10-20	0,03 B a	0,03 B ab	0,08 AB abc	0,11 AB b	0,04 B bc	0,02 B a
30-40	0,03 A a	0,02 A ab	0,03 A bc	0,03 A c	0,08 A abc	0,02 A a
50-60	0,01 A a	0,00 A b	0,02 A bc	0,03 A c	0,01 A c	0,03 A a
70-80	0,01 A a	0,01 A b	0,01 A c	0,02 A c	0,04 A bc	0,01 A a
90-100	0,02 A a	0,00 A b	0,02 A bc	0,01 A c	0,03 A bc	0,00 A a

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna), dentro da mesma classe de raízes não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 21. Densidade radicular - DR (g dm^{-3}) de raízes finas e médias para as distâncias e camadas amostradas

Camada (cm)	Distância (cm)					
	-110	-70	-30	30	70	110
Raízes finas						
0-10	0,48 D ab	2,05 B a	2,10 B a	2,90 A a	2,59 A a	0,97 C a
10-20	0,17 C ab	0,40 ABC b	0,53 ABC bc	0,69 ABC b	0,73 ABC bc	0,30 AB b
30-40	0,10 B b	0,25 AB b	0,32 AB bc	0,29 AB c	0,55 AB bcd	0,21 AB b
50-60	0,08 A b	0,17 A b	0,16 A c	0,13 A c	0,27 A cd	0,20 A b
70-80	0,11 A b	0,13 A b	0,10 A c	0,13 A c	0,30 A cd	0,11 A b
90-100	0,07 A b	0,08 A b	0,08 A c	0,11 A c	0,16 A d	0,13 A b
Raízes médias						
0-10	0,08 C a	0,52 BC ab	0,74 ABC ab	0,9 AB a	0,43 BC a	0,10 C a
10-20	0,19 BC a	0,08 B b	0,47 AB abc	0,73 A a	0,36 AB a	0,04 C a
30-40	0,11 A a	0,21 A ab	0,14 A bc	0,16 A b	0,42 A a	0,11 A a
50-60	0,02 A a	0,04 A b	0,17 A bc	0,08 A b	0,13 A a	0,22 A a
70-80	0,02 A a	0,02 A b	0,12 A bc	0,05 A b	0,28 A a	0,03 A a
90-100	0,06 A a	0,01 A b	0,02 A c	0,11 A b	0,28 A	0,04 A a

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna), dentro da mesma classe de raízes não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os resultados de distribuição de raízes do cafeeiro irrigado por gotejamento apresentados reforçam a recomendação da fertirrigação como alternativa adequada de aplicação de fertilizantes ao solo, uma vez que, com a fertirrigação, uma maior quantidade de raízes recebe os nutrientes num pequeno período de tempo, melhorando assim a absorção.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foi conduzido um experimento com cafeeiros, variedade Catuaí 144, irrigados por gotejamento na Fazenda Café do Rio Branco, no município de Barreiras na região oeste da Bahia, com o objetivo de se avaliar os efeitos de diferentes doses (N e K₂O) e frequência de fertirrigação sobre a produção, desenvolvimento e o sistema radicular do cafeeiro.

Os resultados das quatro safras analisadas levaram às seguintes conclusões:

- As doses de 600/500 e 900/800 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N/K₂O, proporcionaram as maiores produtividades do cafeeiro;
- Os parcelamentos da fertirrigação em duas e oito vezes ao mês foram superiores em produtividade;
- Observou-se efeito maior do parcelamento da fertirrigação, sobre o efeito das doses de N e K₂O, nas variáveis de desenvolvimento do cafeeiro (diâmetro de copa e altura de planta);
- Não houve efeito das doses e do parcelamento da fertirrigação na maturação dos frutos do cafeeiro e classificação por peneira dos grãos do café;
- O parcelamento em 4 vezes mensais proporcionou melhor rendimento, em litros de café da roça por saca de café beneficiado,

para a safra 2008, embora este mesmo parcelamento tenha proporcionado menor produtividade que os demais;

- Não se observou efeito das doses e parcelamentos da fertirrigação sobre a área foliar específica – AFE, porém as folhas com maior exposição ao sol da tarde (face norte) apresentaram valores de AFE menores que as folhas presentes na face sul;
- Os cafeeiros submetidos às menores doses de N e K₂O obtiveram um maior desenvolvimento do sistema radicular;
- Observou-se maior concentração de raízes (DCR e DR) nas camadas superficiais (0-20 cm) e sob a linha lateral (30 e 70 cm de distância do ramo ortotrópico).

5. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements.** FAO – Irrigation and Drainage. Rome: FAO, 1998. 319 p. (Paper 56).

AMARAL, J.F.T. **Eficiência de produção de raízes, absorção, translocação e utilização de nutrientes em cultivares de café arábica.** Viçosa: UFV, 2002. 97p. (Tese de Doutorado)

ASSOCIAÇÃO DOS AGRICULTORES E IRRIGANTES DO OESTE DA BAHIA – AIBA. **7º Anuário da cafeicultura do Cerrado da Bahia.** Barreiras, BA, 2007. 110 p.

BARRETO, C. V. G. **Distribuição do sistema radicular do cafeeiro fertirigado por gotejamento superficial e subsuperficial.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2005. 88p. (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical).

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

CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. 20.ed. Viçosa: Editora UFV, 1999. 359p.

COELHO, G.; SILVA, A. M. da. O efeito da época de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro em três safras consecutivas. **Ciênc. agrotec.**, v. 29, n. 2, p. 400-408, 2005

COELHO, G.; SILVA, A. M.; SILVA, R. A.; OLIVEIRA, P. M.; SILVA, A. C.; SATO, F. S.; LAGO, F. J. Épocas de irrigação e parcelamento da adubação sobre a produtividade do cafeeiro arábica com 17 anos de idade. **Irriga**, v. 9, n. 1, p. 12-18, 2004

COGO, C. M.; ANDRIOLO, J. L.; BISOGNIN, D. GODOI, R. S.; BORTOLOTO, O.; BARROS, G. T. Crescimento e produtividade da cultura da batata sob níveis elevados de potássio. IN: Congresso Brasileiro de Olericultura, 45, 2005. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza:CBO, 2005, CD-ROON

COSTA, L. C. B.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M.; Bertolucci, S. K. V.; CORREA, R. M.; REIS, E. S.; ALVES, P. B.; NICULAU, E. S. Tipos e doses de adubação orgânica no crescimento, no rendimento e na composição química do óleo essencial de elixir paregórico. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, 2008

CUSTÓDIO, A. P.; COMES, N. M.; LIMA, L. A. Efeito da irrigação sobre a classificação do café. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.691-701, 2007

DICKISON, W. C. **Integrative plant anatomy**. New York: Harcourt/Academic, 2000. 533 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J, O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. p 179. (FAO Irrigation and Drainage, 24).

DRUMOND, L.C.D.; FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; MARTINS, C.A.; SOUSA, G.F.; OLIVEIRA, C.B.; TEIXEIRA, M.P. Avaliação da produtividade e qualidade do cafeeiro cultivado em condições de cerrado e irrigado por diferentes sistemas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 8, Araguari. **Anais...** 2006, p. 30-34

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R.; DRUMOND, L. C. D.; OLIVEIRA, C. B. de. Avaliação do uso de fertilizantes organominerais e químicos na fertirrigação do cafeeiro irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.2, p.159-166, 2007

FRIZZONE, J. A., BOTREL, T. A., NETO, D. D. **Aplicação de fertilizantes via água de irrigação**. Piracicaba: ESALQ, 1994. 35p.

GARCIA, A. W. R.; MATIELLO, J. B.; JAPIASSÚ, L. B.; FIORAVANTE, N. Espaçamento versus irrigação suplementar em cafeeiros no sul de minas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 8, 2006, Araguari. **Anais...** Uberaba:UNIUBE, 2006. p.58-60.

GARRIZ, P. I. Distribución radicular de três cultivares de Coffea arábica L. de 24 años de edad, em um suelo limo-arcilloso. **Cencias de la Agricultura**, v.2, s.n.; p. 65-76, 1978

GONCALVES, J. F. C.; VIEIRA, G.; MARENCO, R. A.; FERRAZ, J. B. S.; JUNIOR, U. M. S.; BARROS, F. C. Nutritional status and specific leaf area of mahogany and tonka bean under two light environments. **Acta Amaz.** v.35, n.1, p. 23-27, 2005.

KARASAWA, S.; FARIA, M.A.; GUIMARÃES, R.J. Influência da irrigação e do parcelamento de fertirrigação sobre a produtividade, rendimento e qualidade do café (Coffea arabica L. cv. TOPÁZIO MG-1190) **Ciênc. agrotec.**, Edição Especial, p.1427-1438, 2002.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649 p.

KUSAKABE, S. A.; WHITE, J. L.; WALWORTH, G. C.; THOMPSON, T. L. Response of microsprinkler-irrigated navel oranges to fertigated nitrogen rate and frequency. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, n. 70, v.5, p. 1623 – 1628, 2006.

LIMA, M. D.; PEREIRA, R. C.; SOUZA, M. A. Distribuição do sistema radicular do cafeeiro em função da adubação e lâminas de irrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 10, 2008, Araguari. **Anais...** p. 67-72

MALAVOLTA, E.; FERNADEZ, D.R.; ROMERO, J.P. Seja doutor do seu cafezal. **Informações Agronômicas**, Campinas, v.64, p.1-13, 1993.

MALTA, M. R.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciênc. agrotec.**, v.27, n.6, p.1246-1252, 2003

MANTOVANI, E. C.; VICENTE, M. R.; ALVES, M. E. B.; NETO, H. B; Irrigação como fator de qualidade do café. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Boas práticas agrícolas na produção de café**. Viçosa: UFV, 2006. p. 117-165.

MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. **Manejo integrado das culturas e dos recursos hídricos**. Workshop internacional sobre manejo integrado das culturas e dos recursos hídricos. Brasília: SRH/MMA – DEA-UFV, 1998. 154 p.

MARTINEZ, E. P.; CARVALHO, J. G. de; SOUZA, R. B. de. Diagnose Foliar. IN: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5a Aproximação. Ed: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. CFSEMG. Viçosa: UFV, 1999. 359p. p. 143-168.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ ; 2002. 387 p.

MATSUMOTO, S. N.; FARIA, G. O.; VIANA, A. E. S.; ROCHA, V. S. NOVAES, A. B. Water relations in a coffee grove planted with grevilleas in Vitória da Conquista, Bahia, Brazil. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 71-83, 2006

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMONI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131- 1137, 2003.

NAZARENO, R. B.; OLIVEIRA, C. A. S.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R.; SILVA, J. C. P.; GUERRA, A. F. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. **Pesq. Agrop. Bras.** v.38, n.8, p.903-910, 2003

NOGUEIRA, F. D., LIMA, L. A., GUIMARÃES, P. T. G. Fertirrigação no Cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v.19, n.193, p 82 - 91, 1998.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M. V. (Ed.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1999. p. 11-67.

PARTELLI, F. A.; VIEIRA, H. D.; SANTIAGO, A. R.; BARROSO, D. G. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.949-954, 2006

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 97-101.

RENA, A. B.; DAMATTA, F. M. O sistema radicular do cafeeiro: morfologia e ecofisiologia. In. ZAMBOLIM, L. **O estado da arte de tecnologias de produção de café**. Viçosa: UFV. 2002. p. 11-92

RENA, A. B.; NACIF, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G. Fenologia, produtividade e análise econômica do cafeeiro em cultivos com diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes. In: ZAMBOLIM, L.(ed.). **Produção integrada de café**. Viçosa: UFV, 2003. p. 133-196.

SAÍZ DEL RIO, J. F.; FERNÁNDEZ, C. E.; BELLAVITA, O. Distribution of absorbing of coffee roots determined by radioactive traces. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v. 77, p. 240-244, 1961.

SANTINATO, R. A nutrição em dobro do cafeeiro no Oeste da Bahia. In: Associação de Agricultores e Irrigantes do Oeste da Bahia. **5º Anuário de Pesquisa da Cafeicultura Irrigada do Oeste da Bahia**. Barreiras: AIBA, 2005. p. 50-54.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. ; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Uberaba: O Lutador, 2008. v. 1. 483 p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Belo Horizonte: Editora O Lutador, 2002. 251p.

SANZONOWICZ, C.; TOLEDO, P. M. R.; SAMPAIO, J. B. R.; GUERRA, A. F.; SILVA, D. T. M. da. **Adubação nitrogenada em café decotado num latossolo de cerrado**. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados), 2003. 15 p

SILVA, A. M. da.; COELHO, G.; SILVA, R. da. Épocas de irrigação e parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro, em quatro

safras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.3, p.314-319, 2005.

SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; BATISTA, R. O.; COELHO, M. B.; RENA, A. B. Produção e distribuição de raízes em cafeeiros irrigados por gotejamento. **Engenharia na Agricultura**, v. 15, p. 130-140, 2007.

SOARES, A. R.; MOURA, B. R. DE; RODRIGUES, S. B. S.; VICENTE, M. R.; MANTOVANI, E. C. Utilização de diferentes fontes de nitrogênio e potássio na produtividade de cafeeiros irrigados e fertirrigados. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2005, Londrina. **Anais...** Brasília: Embrapa - Café, 2005. CD-ROM

TOMLINSON, I.R.; COETZEE, K. Can fertigation influence fruit quality? **Neltropika Bulletin**, Nelspruit, n.296, p.7-9, 1997.

VILELLA, W. M. C.; FARIA, M. A. de. Crescimento de cafeeiros submetidos a cinco lâminas de irrigação e três parcelamentos de adubação. **Irriga**, v.8, n.2, p. 168-177, 2003

VILLAS BÔAS, R. L., BÜLL, L. T., FERNANDES, D. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M.V. (Ed.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1999. p. 293-320.