



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA
CULTURA DO CAFEIRO**

RICARDO ALEXANDRE LAMBERT

2009

RICARDO ALEXANDRE LAMBERT

LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA CULTURA DO CAFEIEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Benjamim de Melo

Co-orientador

Prof. Dr. Reges Eduardo Franco Teodoro

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L222L Lambert, Ricardo Alexandre, 1981-
Lâminas de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro / Ricardo
Alexandre Lambert. - 2009.
65 f. : il.

Orientador: Benjamim de Melo.

Co-orientador: Reges Eduardo Franco Teodoro.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Pro-
grama de Pós-Graduação em Agronomia.

Inclui bibliografia.

1. Café - Irrigação - Teses. 2. Irrigação por gotejamento - Teses. 2.
Café - Cultivo - Teses. I. Melo, Benjamim de. II. Teodoro, Reges Eduardo
Franco. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU: 633.73:631.67

RICARDO ALEXANDRE LAMBERT

LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA CULTURA DO CAFEEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 05 de fevereiro de 2009.

Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho

UFU

Prof. Dr. Mauricio Martins

UFU

Prof. Dr. Dácio Ricardo Botelho Alves

CEFET

Prof. Dr. Benjamim de Melo
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

Aos meus pais, José e Vilma,
e minha irmã Denise,
com muito amor, gratidão e respeito,

OFEREÇO

À minha noiva Andréia, pelo apoio e compreensão nos meus
momentos de ausência,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua presença constante.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade e suporte oferecidos.

Ao Prof. Dr. Benjamim de Melo, pela orientação e ensinamentos, amizade, incentivo e contribuição para meu crescimento profissional.

Ao Prof. Dr. Reges Eduardo Franco Teodoro, pelos ensinamentos e amizade durante esses anos.

Aos Professores do Instituto de Ciências Agrárias, em especial: Carlos Machado, Hudson, Elias, João Paulo, Berildo, Denise, Césio e Mauricio.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos no programa de mestrado.

Aos funcionários da Fazenda Experimental do Glória, especialmente Valdeci e José Maria, pela colaboração na condução do experimento e manejo da irrigação.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Eduardo e Cida, pela amizade e apoio.

Aos funcionários do LAMAS, Marco Aurélio, Cilson e Wilson, pela amizade e serviços prestados.

Aos amigos de Mestrado, em especial: Reinaldo Adriano, Diego, César Antônio, Patrícia, Cleyton, Jorge, Marcelo Vitor, Juliana Gomide, Isabel, Luis e Willian.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1- O cafeeiro e sua importância econômica.....	3
2.2- Cultivar Rubi MG-1192.....	4
2.3- Expansão da cafeicultura.....	4
2.4- Necessidades hídricas do cafeeiro arabica (<i>Coffea arabica</i> L.).....	5
2.5- Irrigação no cafeeiro.....	6
2.6- Sistema de irrigação por gotejamento.....	8
2.7- Manejo da irrigação.....	10
2.8- Efeito da irrigação no desenvolvimento vegetativo.....	11
2.9- Influência da irrigação nos parâmetros de produção.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1- Área experimental.....	15
3.2- Variedade utilizada e tratos culturais.....	15
3.3- Delineamento experimental.....	16
3.4- Sistema e manejo de irrigação.....	16
3.5- Características vegetativas.....	18
3.6- Características produtivas.....	19
3.7- Metodologia estatística.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1- Uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação.....	21
4.2- Parâmetros climáticos.....	21
4.3- Características vegetativas.....	26
4.3.1- Altura de plantas.....	26
4.3.2- Diâmetro de copa.....	28
4.3.3- Diâmetro de caule.....	30
4.3.4- Comprimento de ramos plagiotrópicos.....	32

4.3.5- Número de entrenós no ramo ortotrópico.....	34
4.4- Características produtivas.....	35
4.4.1- Produtividade.....	36
4.4.2- Rendimento.....	39
4.4.3- Renda.....	42
5. CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Resumo da análise de variância da altura (cm) do cafeeiro, cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	26
2	Resumo da análise de variância do diâmetro de copa (cm) do cafeeiro, cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	28
3	Resumo da análise de variância do diâmetro de caule (mm) do cafeeiro, cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	30
4	Resumo da análise de variância do comprimento de ramos plagiotrópicos (cm) do cafeeiro, cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	32
5	Resumo da análise de variância do número de entrenós no ramo ortotrópico do cafeeiro, cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	34
6	Resumo da análise de variância da produtividade de café (sacas ha ⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	36
7	Resumo da análise de variância conjunta da produtividade de café (sacas ha ⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, nas safras 2003, 2004, 2005, 2006 e 2008. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	38
8	Produtividade de café (sacas ha ⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, em função dos anos, para cada tratamento. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	38
9	Resumo da análise de variância do rendimento de café (L saca ⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	39
10	Resumo da análise de variância conjunta do rendimento (L saca ⁻¹) de café, da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, nas safras 2003, 2004, 2005, 2006 e 2008. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	41
11	Rendimento de café (L saca ⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, em função dos anos, para cada tratamento. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	41
12	Resumo da análise de variância da renda de café (kg kg ⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	42
13	Resumo da análise de variância conjunta da renda de café (kg kg ⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, nas safras 2003, 2004, 2005, 2006 e 2008. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	44

14	Renda de café (kg kg^{-1}), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, em função dos anos, para cada tratamento. UFU, Uberlândia – MG, 2009.....	44
----	--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Esquema de casualização dos tratamentos e de posicionamento dos blocos no campo.....	16
2	Precipitação média mensal nos anos de 2001 (a), 2002 (b), 2003 (c), 2004 (d) 2005 (e), 2006 (f), 2007 (g), 2008 (h).....	23
3	Média mensal da evaporação da água do tanque classe A nos anos de 2001 (a), 2002 (b), 2003 (c), 2004 (d) 2005 (e), 2006 (f), 2007 (g), 2008 (h).....	24
4	Temperatura média mensal nos anos de 2001 (a), 2002 (b), 2003 (c), 2004 (d) 2005 (e), 2006 (f), 2007 (g), 2008 (h).....	25
5	Representação gráfica e equações de regressão da altura de plantas (cm), em função das lâminas de irrigação.....	27
6	Representação gráfica e equações de regressão do diâmetro médio de copa (cm) do cafeeiro, em função das lâminas de irrigação.....	29
7	Representação gráfica e equações de regressão do diâmetro de caule (mm) do cafeeiro, em função das lâminas de irrigação.....	31
8	Representação gráfica e equações de regressão do comprimento de ramos plagiotrópicos (cm), em função das lâminas de irrigação.....	33
9	Representação gráfica e equações de regressão do número de entrenós no ramo ortotrópico do cafeeiro, em função das lâminas de irrigação.....	35
10	Representação gráfica da produtividade de café (sacas ha^{-1}), em função das lâminas de irrigação.....	37
11	Representação gráfica do rendimento de café ($L\ saca^{-1}$), em função das lâminas de irrigação.....	40
12	Representação gráfica da renda de café ($kg\ kg^{-1}$), em função das lâminas de irrigação.....	43

RESUMO

LAMBERT, RICARDO ALEXANDRE. **Lâminas de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro**. 2009. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.*

Objetivou-se com este trabalho avaliar o desenvolvimento vegetativo, produtividade, rendimento e renda do cafeeiro Rubi, linhagem MG-1192, cultivado sob diferentes lâminas de irrigação no período de 2002 a 2008. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Glória, situada a 18°58' de latitude sul e 48°12' de longitude oeste, e altitude de aproximadamente 912 m, no município de Uberlândia, em Minas Gerais, Brasil, sob Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa. O clima local é do tipo Aw, sendo o inverno seco e o verão quente e chuvoso. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições e oito tratamentos, os quais equivaleram às lâminas de irrigação de 0% (sem irrigação), 30%, 60%, 90%, 120%, 150%, 180% e 210% correspondentes a evaporação em tanque classe A. O plantio foi realizado em janeiro de 2001, no espaçamento de 3,5 m entre linhas e 0,7 m entre plantas. As parcelas foram constituídas por três fileiras com oito plantas cada, sendo avaliadas as quatro plantas centrais da fileira central. Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes de vazão 3,5 L h⁻¹, sendo as irrigações realizadas às segundas, quartas e sextas-feiras. Anualmente, foram mensurados a altura do cafeeiro, diâmetros de copa e de caule, comprimento de ramos plagiotrópicos e número de entrenós no ramo ortotrópico. A partir de 2003, em seis colheitas consecutivas, avaliou-se a produtividade, rendimento e renda. Com relação ao desenvolvimento vegetativo do cafeeiro, em média, as lâminas correspondentes a 131,7%, 148,6%, 148,5%, 141,6% e 125,9% da evaporação, em tanque classe A, proporcionaram os maiores valores para altura de plantas, diâmetros de copa e de caule, comprimento de ramos plagiotrópicos e número de entrenós no ramo ortotrópico, respectivamente. Para produtividade, rendimento e renda, não foi possível definir a melhor lâmina de irrigação. A irrigação não eliminou a biennialidade de produção, porém, promoveu maior desenvolvimento vegetativo e produção do cafeeiro, quando comparado com o tratamento de sequeiro.

Palavras-chave: desenvolvimento vegetativo, produção, tanque classe A, manejo de irrigação.

* Comitê Orientador: Benjamim de Melo – UFU (Orientador) e Reges Eduardo Franco Teodoro – UFU (Co-orientador).

ABSTRACT

LAMBERT, RICARDO ALEXANDRE. Drip irrigation depths in the coffee's culture. 2009. 64 f. Dissertation (Master Program Agronomy/Plant Technology) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia.*

The purpose of the present work was to evaluate the vegetative development, productivity, yield and income from Rubi's coffee, inbred MG-1192, cultivated under different irrigation depths during the period of 2002 to 2008. The experiment was carried out at the Glória's experimental farm, situated at 18°58' South latitude and 48°12' West longitude, and an altitude of approximately 912 m, in Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, on a Loamy Dystrophic Oxysol. The local weather is the Aw type, being dry during winter and warm and rainy during summer. The experimental design was a randomized blocks, with four replicates and eight treatments corresponding to the irrigation depth 0% (without irrigation), 30%, 60%, 90%, 120%, 150%, 180% and 210% according to the class A pan evaporation. The planting was done on January of 2001, with a row spacing of 3,5 m and 0,7 m between plants. The plots were constituted by three rows with eight plants each, being evaluated the four central ones from the middle row. It was utilized the drip irrigation system, with compensating emitters and flow of 3,5 L h⁻¹, with the irrigation being realized every Monday, Wednesday and Friday. Annually, there were measured the coffee plant height, crown diameter, plagiotrophical spread's length and number of internodes on the ortotrophical branch. From 2003 on, it was done six consecutive harvest, when there were evaluated the productivity, yield and income. Regarding the coffee plant vegetative development, an average the irrigation depths corresponding to 131,7%, 148,6%, 148,5%, 141,6% and 125,9% of the class A pan, proportionate the higher values for plant height, crown diameter, plagiotrophical spread's length and internodes number of the ortotrophical branch respectively. For productivity, yield and income it was not possible to conclude the best irrigation depth. The irrigation did not eliminated the biannually of the production, however, promoted a better vegetative development and productivity when compared to the non irrigated area.

Keywords: vegetative development, production, class A pan, irrigation management.

* Supervising Committee: Benjamim de Melo – UFU (Advisor) e Reges Eduardo Franco Teodoro – UFU (Co-advisor).

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café e o segundo mercado consumidor, depois dos Estados Unidos. Dentre os estados brasileiros produtores de café, Minas Gerais participa com cerca de 50% da produção nacional, destacando-se como maior produtor.

O plantio de café no Brasil está geralmente situado em regiões em que as condições climáticas e o balanço hídrico são favoráveis. Locais com estiagem prolongada foram marginalizadas para a prática da cafeicultura, porém com a irrigação, essas regiões já estão sendo incorporadas para o plantio de café, observando elevadas produtividades e produto de alta qualidade.

A agricultura irrigada moderna dispõe de tecnologia apropriada para tornar aptas, para a cafeicultura, regiões com períodos extensos de deficiências hídricas, como o Triângulo Mineiro, o Oeste da Bahia e o Cerrado de Goiás. Até mesmo em regiões como a Alta Mogiana Paulista, Sul e Zona da Mata de Minas, onde a irrigação não era utilizada, hoje ela já é prática comum entre os cafeicultores, devido à variabilidade climática nessas regiões, o que pode aumentar o risco de perdas na safra (FERNANDES et al., 2000).

O setor agrícola tem sido responsável por grande parcela da água utilizada no mundo, tornando-se necessária a implantação de sistemas de irrigação eficientes, além da utilização de métodos que quantifiquem as reais necessidades hídricas das culturas, para que não haja desperdício. Esta quantificação permite projetar sistemas de irrigação mais adequados, o que conseqüentemente, reduz o consumo de água e energia.

Os sistemas de irrigação que aplicam água de forma localizada se caracterizam pela economia de água, pequena utilização de mão-de-obra, grande potencial de automatização, manutenção de elevados níveis de água no solo, possibilidade de se adequar às mais variadas condições de solo e topografia, bem como pela possibilidade de aplicação de produtos químicos via água de irrigação.

Vários fatores podem afetar o cafeeiro, sendo que o fator hídrico pode ser um dos mais importantes, relacionado com o desenvolvimento vegetativo e a produtividade da cultura, onde água em excesso ou em falta poderá ocasionar prejuízos econômicos relevantes. O manejo da irrigação é uma etapa importante da agricultura irrigada, e quase sempre é negligenciada, em função de falta de informação dos cafeicultores e técnicos, assim como também, devido à limitações nas metodologias disponíveis.

Ainda são poucas as informações sobre o melhor suprimento de água no cafeeiro, e também não existem critérios definitivos de manejo da irrigação, no que se refere a quando e quanto irrigar, ambos requerem o conhecimento do sistema solo-água-planta e atmosfera. Para que se possa obter respostas mais abrangentes e confiáveis, é necessário avaliar o efeito da irrigação no cafeeiro ao longo de vários anos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência de diferentes lâminas de irrigação, em função da evaporação da água do tanque classe A, durante sete anos consecutivos, nas características produtivas e vegetativas do cafeeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O cafeeiro e sua importância econômica

O cafeeiro é uma planta originária do Continente Africano, das regiões altas da Etiópia (Cafa e Enária), podendo ser a região de Cafa responsável pela origem do nome café (SILVA, 2006). É uma planta de sub-bosque pertencente à família *Rubiaceae* de nome café, trata-se de espécie tropical de floração gregária, ou seja, todas as plantas individuais, numa certa extensão geográfica, florescem simultaneamente (GUIMARÃES et al., 2002).

Existem descritas aproximadamente 100 espécies do gênero *Coffea*, mas somente duas, a *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* produzem frutos que têm importância econômica no mercado internacional. A espécie *C. arabica* representa cerca de 70% da produção mundial, uma vez que essa espécie apresenta um produto de qualidade superior (aroma e sabor mais apreciados no mundo inteiro) e de maior aceitação em todos os mercados consumidores (VILELLA, 2001).

Segundo Silva e Leite (2000), a América do Sul é a região do mundo que possui a maior produção de café, sendo que o Brasil e a Colômbia, sozinhos, produziram em torno de 40% do total mundial nas duas últimas décadas. De acordo com os dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2008), a produção nacional de café, para a safra 2008/09, está estimada em 45,85 milhões de sacas de café beneficiado, superior à safra passada em 27,1%. O referido acréscimo deve-se basicamente à biannualidade positiva, sendo Minas Gerais o Estado que detém a maior produção, seguido dos estados do Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Bahia e Rondônia (CONAB, 2008).

Este percentual classifica o Brasil como maior produtor e exportador mundial há pelo menos 150 anos, sendo que aproximadamente dez milhões de pessoas se envolvem direta ou indiretamente em toda a cadeia do agronegócio do café, desde a produção até a sua industrialização e comercialização (OLIVEIRA et al., 2003). Logo, a cafeicultura foi desde o período colonial e ainda é, para várias regiões produtoras, uma das atividades com maior capacidade de gerar e fixar mão de obra no campo, (SILVA, 2002).

2.2 Cultivar Rubi MG-1192

A cultivar Rubi MG-1192 é uma das principais linhagens recomendadas para o estado de Minas Gerais. Ela provém do retrocruzamento da cultivar Catuaí Vermelho com a cultivar Mundo Novo (MENDES, 1994).

A cultivar Catuaí Vermelho apresenta algumas características favoráveis ao cultivo como: muito produtiva e porte baixo (2,0-2,4 m), o qual facilita a colheita. Dentre as características desfavoráveis, citam-se: reduzido vigor vegetativo em algumas condições de plantio e manejo, principalmente após elevadas produções, caracterizado pela seca de ramos produtivos, semelhantemente à cultivar Caturra que lhe deu origem, além de ramificação secundária abundante e desuniformidade de maturação dos frutos.

Já a cultivar Mundo Novo apresentava alto vigor, alta capacidade produtiva, sistema radicular bem desenvolvido, maturação uniforme e frutos vermelhos no estágio cereja. No entanto, o porte é elevado (3-4 m), característica essa que dificulta a colheita mecanizada (CARVALHO et al., 2006).

Visando gerar progênies de cafeeiros mais produtivas e adaptadas a diferentes ambientes, e com elevado vigor, a cultivar Catuaí Vermelho foi retrocruzada com a cultivar Mundo Novo (CARVALHO et al., 2006). Com este procedimento, tornou-se possível melhorar a cultivar Catuaí pela aproximação de 100% dos alelos de Mundo Novo, mantendo-se o alelo Ct da cultivar Caturra na condição homozigota, que confere porte baixo gerando a cultivar Rubi (MENDES, 2001).

2.3 Expansão da cafeicultura

O café é um dos produtos agrícolas mais antigos da humanidade. Apesar da divergência quanto ao início do cultivo e uso econômico, é dado como centro de origem o continente africano, pois este foi o berço do gênero *Coffea*. De acordo com Moreira (2003), o uso do café pelo homem provavelmente teve início por volta do ano 850 d.C., na Abissínia (atualmente Etiópia).

A expansão para o domínio árabe possibilitou que o cultivo do mesmo se expandisse rapidamente para diversas regiões do mundo. Desta forma, exemplares nativos eram encontrados em toda faixa equatorial do continente africano, desde a Etiópia até o Congo, chegando até mesmo ao sul de Angola. Por volta de 1718, foi

introduzido na Guiana Holandesa (atual Suriname), atingindo também a Guiana Francesa (LEITE, 2002).

Em menos de 10 anos, o café chegou ao Brasil, no estado do Pará, pelas mãos do Sargento-Mor Francisco de Mello Palheta. No mesmo ano em que chegou ao Brasil, ou seja, em 1727, o café começou a ser cultivado, expandindo-se rapidamente para as demais regiões do país, principalmente para o Maranhão, Ceará, Vale do São Francisco, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. No final do século XVIII, difundiu-se intensamente para o Vale do Paraíba, iniciando-se a grande saga do café no país (GRISI, 2006).

No Brasil, o cafeeiro arábica foi inicialmente cultivado em áreas próximas ao litoral, por razões de conveniência (transporte, portos, etc), mas logo se percebeu que em locais de maior altitude, onde a temperatura média anual é ligeiramente mais baixa, ele se desenvolvia melhor (LEITE, 2002). Isso fez com que o café se expandisse pelo interior, porém encontrou, em muitos locais, a escassez de água como um fator limitante.

2.4 Necessidades hídricas do cafeeiro arabica (*Coffea arabica* L.)

O cafeeiro é uma planta perene, a qual completa seu ciclo de produção em dois anos. No primeiro ano, ocorre a emissão dos ramos que serão os responsáveis pela formação das flores e frutos no ano seguinte. Nesse mesmo ano ocorre a emissão de novos ramos, flores e frutos nos ramos formados no ano anterior. Desta forma, a deficiência hídrica pode afetar a safra anual e também a safra do ano seguinte, por isso, torna-se indispensável o conhecimento das necessidades hídricas do cafeeiro (CARVALHO, 2008).

Para vegetar e frutificar, o cafeeiro necessita de água facilmente disponível no solo. Dentre os fatores que interferem na disponibilidade de água, os climáticos são os mais relevantes, principalmente a precipitação e a temperatura (VILELLA, 2001; OLIVEIRA, 2003). Neste contexto, Santinato (2001) ressalta a importância do conhecimento da fisiologia do cafeeiro, aspectos relacionados ao crescimento, diferenciação, florescimento e frutificação, além do conhecimento da tecnologia da irrigação.

Informações na literatura indicam que a baixa disponibilidade de água no solo afeta os processos fisiológicos associados à produção de biomassa e, conseqüentemente,

a produtividade do cafeeiro. Embora seus efeitos dependam da duração, intensidade e estágio fenológico da cultura, o déficit hídrico limita o crescimento vegetativo, a formação e a maturação dos grãos (MAIA, 2004). Entretanto, regiões climaticamente aptas para o cultivo do cafeeiro vêm sofrendo o efeito de estiagens prolongadas nos períodos críticos de demanda de água, promovendo queda de produção em várias lavouras (ASSAD et al., 2004).

De acordo com Soares et al. (2005), há três estádios em que a falta de água pode afetar com maior intensidade a produtividade do cafeeiro. São eles: estágio da pré-florada, normalmente entre os meses de junho a setembro, quando a falta de chuvas pode provocar a má formação dos botões florais, bem como a queda destes; estágio de expansão do fruto, entre os meses de outubro e dezembro, podendo haver queda de frutos ou pequeno crescimento do pergaminho, limitando o tamanho do grão; estágio de enchimento de grãos, que vai do mês de janeiro a março, período em que o déficit hídrico causa a má formação dos grãos, apresentando grãos pequenos e frutos com lóculos vazios, os chamados grãos chochos.

Para Matiello (1991), a fase de frutificação é o período mais crítico, pois é quando a deficiência hídrica se torna mais prejudicial ao cafeeiro. Silva et al. (2003), trabalhando com a variedade Catuaí, verificaram que irrigação do cafeeiro no período de junho a outubro proporcionou melhores resultados de produtividade em relação ao período de setembro a outubro. Neste contexto, Camargo e Pereira (1994) ressaltam que irrigação é essencial para atender as necessidades hídricas do cafeeiro, principalmente em regiões as quais a deficiência hídrica anual determinada pelo balanço hídrico climatológico é superior a 200 mm, sendo complementar quando a deficiência anual fica na faixa de 150 mm a 200 mm.

Sendo assim, há diversas maneiras de quantificar as necessidades hídricas e prescrever as regas necessárias para complementar as chuvas insuficientes. Dentre elas, podem-se utilizar modelos irrigacionistas obtidos a partir de leituras no tanque classe A.

2.5 Irrigação no cafeeiro

A irrigação das culturas agrícolas consiste no suprimento de água às plantas na quantidade necessária e no momento adequado para se obter, economicamente, a produção ótima e melhor qualidade do produto (SOUZA; FRIZZONE, 2003).

Segundo Alves et al. (2000), a necessidade de irrigação do cafeeiro surgiu com o avanço da cultura para as regiões consideradas marginais ao cultivo quanto às necessidades hídricas como, por exemplo, as regiões de cerrado, entre elas o Triângulo Mineiro e o Oeste Baiano, onde a cafeicultura só é viável quando irrigada. Desta maneira, tem-se alcançado elevadas produtividades e produto de alta qualidade.

Com isto, a utilização da irrigação na cafeicultura promoveu aumento na 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 (VICENTE et al., 2005).

Estimativas indicam que existam cerca de 200 mil hectares irrigados, representando cerca de 10% da cafeicultura brasileira. Portanto, a expansão da cafeicultura brasileira em áreas marginais, como a região do Triângulo Mineiro, onde as chuvas são insuficientes ou mal distribuídas no decorrer do ano, tornou a irrigação uma prática necessária para a obtenção de boa produtividade (FERNANDES et al., 2000; KARASAWA et al., 2002).

Para o cafeicultor, a irrigação é uma prática que, além de aumentar a produtividade, pode proporcionar a obtenção de um produto diferenciado, de melhor qualidade (especial) e com perspectiva de bons preços no mercado (SOUZA, 2001).

A irrigação deve ser usada em quantidade correta, pois, ela visa atender à demanda de água das plantas nos períodos críticos. Irrigação insuficiente prejudica o desenvolvimento do sistema radicular e, se em excesso, provoca desperdícios de água, energia e nutrientes (CAMARGO, 1985). Com essa tecnologia, reduzem-se ou eliminam-se as perdas causadas por déficit hídrico.

A maioria dos trabalhos experimentais sobre a irrigação do cafeeiro tem demonstrado aumentos da ordem de 20 a 30 sacas beneficiadas por hectare, independentemente do sistema utilizado, e dependente da região em estudo (SANTINATO, 2001). Inclusive, o uso da irrigação suplementar tem se mostrado vantajoso até em locais com períodos curtos de deficiência hídrica, desde que coincidam com as fases críticas da cultura (MANTOVANI, 2000).

As mudanças no perfil da cafeicultura brasileira na última década potencializaram a busca de sistemas altamente tecnificados, que incorporam avanços técnicos e uma gestão empresarial, tanto para pequenos, quanto para grandes cafeicultores (MANTOVANI, 2000).

A irrigação do cafeeiro não é recomendada para as regiões zoneadas como climaticamente aptas à cafeicultura (SOUZA; FRIZZONE, 2003), porém, algumas dessas regiões climaticamente aptas vêm sofrendo o efeito de estiagens prolongadas nos períodos críticos de demanda de água pela cultura, promovendo queda na produção.

De acordo com Gomes et al. (2007), a irrigação tem propiciado aumentos na produtividade, tanto em regiões onde a deficiência hídrica coincide com o estágio de frutificação, como em regiões aptas ao cultivo, como o Sul de Minas Gerais.

2.6 Sistema de irrigação por gotejamento

Segundo Bonomo et al. (1998), vários sistemas de irrigação podem ser usados em cafezais, porém, o sistema que mais têm se destacado é o de gotejamento, visto que a principal característica dele é a aplicação da água apenas nos locais de interesse. Esse sistema apresenta outras características, tidas como essenciais, como a alta uniformidade e eficiência de aplicação de água.

Os métodos de irrigação localizada são os que vêm experimentando o maior número de inovações em todo mundo. Suas características de uniformidade de aplicação e redução no consumo de água os tornam extremamente atraentes, principalmente nos dias atuais, em que o mundo discute o tema relacionado ao melhor aproveitamento de água (VILLELA, 2001). Este mesmo autor relata que a principal característica deste método é a aplicação da água apenas nos locais de interesse, os quais podem representar proporções variáveis entre 20 a 80% da área total, o que resulta em grande economia de água, a qual pode ser aplicada por meio de gotejadores.

Para Mantovani (2000), o sistema de irrigação por gotejamento também é o que melhor se ajusta à irrigação do cafeeiro, além da possibilidade de aplicação de fertilizantes via água, motivo pelo qual vem apresentando ampla expansão.

Santinato et al. (1996) ressaltam que o sistema de gotejamento efetua a irrigação sobre o solo na área de maior absorção das raízes do cafeeiro, com pequena intensidade, porém, com alta frequência, de modo que se mantém a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo. Ainda segundo os autores, a aplicação de água no solo pelos gotejadores proporciona uma área molhada com forma circular na superfície e o volume do solo molhado assume a forma de um bulbo. Sendo assim, somente uma pequena porção da superfície do solo será molhada, o que diminui

bastante a evaporação direta da água do solo para a atmosfera, quando comparada com a irrigação por aspersão.

A irrigação por gotejamento é usada, em geral, sob a forma de sistema fixo, o qual é constituído por um número de linhas laterais suficiente para suprir toda a área, o que torna o seu custo elevado, ficando seu uso restrito a culturas nobres como o cafeeiro, que possui alta capacidade de retorno. Estima-se, aproximadamente, que 20 mil hectares de café no Brasil estejam sendo irrigados por gotejamento (NETAFIM, 2008). Uma das inovações em sistemas por gotejamento é o surgimento de emissores autocompensantes, que propiciam uma vazão relativamente uniforme ao longo da linha lateral, sem grande influência de variações na pressão. Um dos reais benefícios, quanto ao uso destes emissores, é que permitem a instalação de linhas laterais mais longas (SANTINATO, 2001).

Segundo Alves (1999), nos locais onde se tem implantado a irrigação localizada por gotejamento, ocorreu uma verdadeira revolução agrícola, pois não se trata somente de um novo sistema de irrigação, com suas vantagens e inconvenientes em relação aos sistemas tradicionais por aspersão ou gravidade, mas sim de sistemas que trazem consigo uma nova forma de manejar a cultura, e, além disto, têm revalorizado grandes extensões de terrenos marginais (arenosos, muito acidentados, pouco profundos, etc.) que eram improdutivos em sequeiro e que apresentavam dificuldades na utilização da irrigação por sistemas convencionais.

Martins et al. (2007) verificaram que a irrigação por gotejamento apresenta estreita relação de aplicabilidade com a cultura do café, motivo pelo qual vem apresentando uma ampla expansão, pois, trata-se do sistema que melhor se ajusta à lavoura cafeeira. Vicente et al. (2003) relatam que o uso do sistema de irrigação por gotejamento, em cafeeiros, acarreta produção significativamente superior aos cafeeiros não irrigados.

Estudos aplicados ao planejamento e principalmente ao manejo da irrigação do cafeeiro no Brasil, tanto para o sistema de irrigação por gotejamento, como também para os demais sistemas, ainda são escassos, especialmente no estado de Minas Gerais. Neste contexto, Santos et al. (1998) relatam a falta de informações a respeito do manejo da irrigação na cultura, bem como a época e a frequência de irrigação, além do mais, poucos agricultores fazem um manejo da irrigação baseando-se em métodos técnicos.

2.7 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação é uma etapa importante da agricultura irrigada, e quase sempre é negligenciada, em função de falta de informação dos cafeicultores e técnicos e também devido a limitações nas metodologias disponíveis. Muitos produtores avaliam o momento de irrigar de forma visual, sem a utilização de um método de manejo que possibilite uma definição mais precisa (SOUZA, 2001).

A adoção de novas tecnologias de condução e manejo da lavoura, como a irrigação e a fertirrigação, são condições fundamentais para o aumento da produtividade e da rentabilidade. Outro aspecto que possibilita o avanço da cafeicultura irrigada é a disponibilidade de sistemas de irrigação mais modernos e a preços cada vez mais competitivos (FARIA et al., 2001).

Conforme Camargo (1989), regiões com deficiência hídrica acima de 200 mm anuais poderão ser inaptas à cafeicultura; neste caso, as regas são praticamente indispensáveis para se obter bons rendimentos. Há diversas maneiras de quantificar as necessidades hídricas e prescrever as regas necessárias para complementar as chuvas. Dentre elas, podem-se utilizar modelos irrigacionistas obtidos a partir de leituras do tanque classe A. Com esse tanque, pode-se efetuar, indiretamente, o monitoramento de parâmetros ligados ao contínuo solo-planta-atmosfera que podem e devem ser usados para determinar a necessidade hídrica das culturas, e estabelecer estratégias de manejo da irrigação, visando otimizar e racionalizar a utilização da água e da energia.

Além do mais, através do tanque classe A é possível determinar a ET_c (evapotranspiração da cultura) a partir da ET_o (evapotranspiração de referência) e do K_c (coeficiente de cultura) (GOMIDE, 1998).

O tanque classe A foi desenvolvido pelo Serviço Meteorológico Norte-Americano e consta de um tanque circular de aproximadamente 1,20 m de diâmetro interno e 25 cm de altura, confeccionado em chapa de aço inoxidável ou galvanizado, o qual deve ser instalado em nível, a 15 cm de altura, preferencialmente sobre um estrado de madeira, e cheio de água até 5,0 cm da borda superior (BERNARDO, 1995).

Gervásio (1998) e Karasawa (2001), analisando as metodologias de quantificar a irrigação no cafeeiro, também propõem a utilização do tanque classe A com a finalidade de repor a água ao solo, a partir de um percentual do que foi evaporado no tanque, podendo inclusive ser maior do que 100%. Alves (1999) salienta que a

utilização dos dados da evaporação da água do tanque classe A (ECA) estão vinculados ao valor do coeficiente do tanque (Kt) do qual os dados foram adquiridos.

Dentre os fatores os quais favorecem o uso do tanque classe A no manejo dos sistemas de irrigação, estão o custo relativamente baixo, possibilidade de instalação próxima à cultura a ser irrigada e facilidade de operação. Além do mais, através de leituras constantes, é possível efetuar uma boa estimativa da demanda hídrica do cafeeiro, visando aumentos no desenvolvimento vegetativo, como também na produtividade da cultura (ANDRADE JÚNIOR et al., 1998).

2.8 Efeito da irrigação no desenvolvimento vegetativo

Segundo Matiello et al. (2005), as características vegetativas ou parâmetros de crescimento estão relacionados a aspectos do desenvolvimento das plantas, sendo os mais importantes: o porte das plantas, no qual é avaliada a altura da mesma; a arquitetura da copa, sendo um dos pontos mais avaliados o diâmetro de copa (saia do cafeeiro); e o vigor, o qual pode ser medido pelo diâmetro do caule das plantas.

Vários trabalhos mostram que a irrigação acelera o desenvolvimento do cafeeiro, mesmo em regiões tradicionais de cultivo como o Sul de Minas Gerais. Esta afirmação pode ser comprovada pelo trabalho de Silva et al. (2002), que avaliaram o crescimento vegetativo inicial do cafeeiro e constataram que os tratamentos que mantiveram o solo próximo à capacidade de campo proporcionaram maior altura de planta, diâmetro de caule, diâmetro de copa, número e comprimento de ramos plagiotrópicos, em relação ao tratamento que não recebeu irrigação no primeiro ano de plantio em Lavras - MG.

Guimarães et al. (2002), estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação em relação a ECA (0%, 40%, 60%, 80% e 100%), sob os parâmetros vegetativos da cultivar Acaiá Cerrado: altura das plantas, diâmetro de copa, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos, constataram que todos esses parâmetros apresentaram melhor desenvolvimento com a lâmina correspondente a 100% da ECA, enquanto que os tratamentos sem irrigação obtiveram os piores resultados.

Rotondano (2004), avaliando a produção de cafeeiros da cultivar Rubi MG-1192, sob diferentes lâminas de irrigação, com base na evaporação da água do tanque classe A, concluiu que lâminas de irrigação variando de 146,3% a 150,4% da ECA foram as melhores para o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro, com idade de 30 meses.

Teodoro et al. (2005a), avaliando os efeitos das variações das lâminas de irrigação de 0%, 30%, 60%, 90%, 120%; 150%, 180% e 210% da ECA, para os seguintes parâmetros de desenvolvimento vegetativo: altura de plantas, diâmetro de copa, diâmetro de caule, número de entrenós do ramo ortotrópico e comprimento dos dois primeiros ramos plagiotrópicos, para a cultivar Rubi-1192, plantada em fevereiro de 2001, no município de Uberlândia – MG, concluíram que a lâmina que apresentou os melhores resultados foi a correspondente a 140% da ECA.

Gervásio (1998), conduzindo um experimento em casa de vegetação em Lavras - MG, constatou que o aumento da umidade do solo acelerou o desenvolvimento inicial de cafeeiro em vasos, sendo que a lâmina de água aplicada, corresponde a 140% da evaporação da água do tanque classe A, proporcionou os melhores resultados nos parâmetros altura de planta, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos.

Por outro lado, Soares (2005), objetivando estudar os efeitos da irrigação localizada por gotejamento sobre o desenvolvimento fisiológico do cafeeiro da cultivar Rubi MG-1192, em Patrocínio-MG, instalou um experimento onde as lâminas de irrigação foram aplicadas com base na evapotranspiração da cultura (ETc), nas proporções 0% (testemunha), 35%, 50%, 75%, 100%, 125% e 150% com turno de rega variável. Este autor verificou que, para os parâmetros altura de planta e diâmetro de copa, a lâmina correspondente a 75% da ETc apresentou resultados superiores em relação ao tratamento testemunha, portanto, estes resultados provam que a irrigação foi altamente benéfica para cafeeiros cultivados nessa região.

Vilella e Faria (2003), estudando o crescimento de cafeeiros submetidos a cinco lâminas de irrigação: 100%, 80%, 60%, 40% e 0% (testemunha), verificaram que a lâmina de irrigação que proporcionou maior índice de desenvolvimento do diâmetro de caule, diâmetro de copa, comprimento dos ramos plagiotrópicos e número de internódios no ramo ortotrópico foi a que corresponde a 100% de reposição da evaporação do tanque classe A, na área efetivamente molhada.

2.9 Influência da irrigação nos parâmetros de produção

Em vários experimentos, notam-se as respostas de produtividade do cafeeiro irrigado, porém, a lâmina ótima de irrigação tem variado muito, dependendo da região e da cultivar de café (SANTOS, 2005). Verifica-se, para a cultura do café, a alternância de altas e baixas produções, a qual é atribuída principalmente ao esgotamento das

reservas das plantas, em anos de safra alta, o que faz com que a produção, no ano seguinte, seja baixa (MOREIRA, 2003; SANTOS, 2005).

Para Faria e Siqueira (2005), a irrigação não reduz o efeito bienal da produtividade, mas propicia aumentos na produtividade, tanto em regiões onde a deficiência hídrica coincide com estágio de frutificação, como em regiões aptas ao cultivo. Silva et al. (2008b), estudando a produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação, concluíram que a irrigação não ameniza a bienalidade de produção do cafeeiro em relação às plantas cultivadas em sequeiro.

Soares et al. (2005), em experimento realizado na região de Patrocínio – MG, no qual avaliaram o efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação por gotejamento na produtividade do cafeeiro Rubi, durante duas safras, constataram que a reposição de 100%, 125% e 150% da evapotranspiração da cultura (ETc) foram os melhores tratamentos, obtendo praticamente a mesma produtividade, em média 51,5 sacas ha⁻¹, já, sem o uso da irrigação, a produtividade foi de apenas 20,3 sacas ha⁻¹.

Silva et al. (2008a), estudando a produtividade e potencial hídrico do cafeeiro, em função da época de irrigação, concluíram que a irrigação promovida entre junho e setembro propiciou aumento significativo sobre a produtividade do cafeeiro na região de Lavras, Sul de Minas Gerais, correspondendo a mais de 150% de aumento, em relação ao cafeeiro não irrigado.

O rendimento e a renda também são parâmetros importantes, os quais devem ser considerados ao avaliar os aspectos produtivos do cafeeiro. Santinato et al. (2002), comparando a renda obtida de seis safras (1997 a 2002) de cafeeiros irrigados e não irrigados, encontraram um incremento médio de 7% na renda dos cafeeiros irrigados.

Vilela et al. (2002), estudando a produtividade, rendimento, maturação e tamanho dos grãos de café da cultivar Rubi, submetida a diferentes lâminas de irrigação, não encontraram diferença significativa no rendimento referente às duas primeiras safras. No entanto, os tratamentos que apresentaram uma sensível melhora no rendimento foram os correspondentes a 140% da ECA.

Teodoro et al. (2005b), conduzindo experimento com o cafeeiro Rubi MG-1192, constataram que independente de irrigar com repouso (corte da irrigação em julho e agosto) ou não (irrigar o ano todo), foram necessários 1,78 kg de café em coco para produzir 1,0 kg beneficiado, enquanto no tratamento sem reposição artificial de água, esta relação foi de 2,02 kg kg⁻¹.

Karasawa (2001), estudando, em Lavras – MG, a produtividade do cafeeiro Topázio MG-1190, aos 28 meses de idade, verificou que a produtividade foi intensamente influenciada pela irrigação. O tratamento irrigado o ano todo, com reposição de 120% da ECA, produziu quase 15 vezes mais que a testemunha. Esse autor obteve rendimento de 408 L por saca, ao aplicar 120% da ECA, enquanto o pior resultado (470,5 L por saca) ocorreu nas plantas não irrigadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido no período de janeiro de 2001 a julho de 2008, no Setor de Irrigação da Fazenda Experimental do Glória, o qual pertence à Universidade Federal de Uberlândia. A área está situada no município de Uberlândia - MG, a 18°58'52" de latitude sul, 48°12'24" de longitude oeste e a uma altitude de aproximadamente 912 m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Aw. Segundo Ometto (1981), esse tipo climático apresenta duas estações bem definidas, sendo o inverno seco e o verão quente e chuvoso, com temperatura média mínima do mês mais frio acima de 18 °C.

O solo classifica-se como Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa, sendo a topografia do terreno levemente ondulada (EMBRAPA, 1999).

3.2 Variedade utilizada e tratos culturais

Foram utilizadas mudas de cafeeiro da espécie arábica (*Coffea arabica* L.) da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, produzidas em viveiro, a partir de sementes fornecidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG.

O plantio foi realizado em 15 de janeiro de 2001, em esquema de renque mecanizado, com espaçamento de 3,5 m entre linhas por 0,7 m entre plantas.

Após o pegamento das mudas no campo, constatou-se que todas as plantas apresentavam um mesmo padrão de desenvolvimento, partindo-se então de uma condição homogênea para a aplicação dos tratamentos.

Durante todo período de condução do experimento, procedeu-se aos tratos culturais e controle fitossanitário sempre que necessário, conforme as recomendações para a lavoura cafeeira.

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições (Figura 1). Os tratamentos foram lâminas de irrigação correspondentes a 0% (sem irrigação), 30%, 60%, 90%, 120%, 150%, 180% e 210% da evaporação de água do tanque classe A (ECA). O início dos tratamentos deu-se em 11 de agosto de 2001.

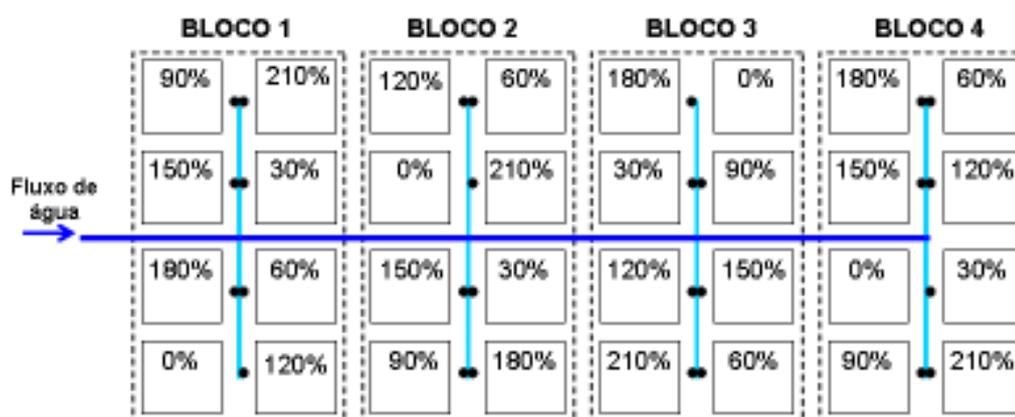


FIGURA 1 - Esquema de casualização dos tratamentos e de posicionamento dos blocos no campo.

Cada parcela foi constituída por três fileiras de plantas, com oito plantas em cada fileira, sendo consideradas úteis as quatro plantas centrais da fileira central. As demais plantas constituíram a bordadura.

3.4 Sistema e manejo de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, com emissores autocompensantes do tipo RAM, espaçados em 0,75 m, com vazão de $3,5 \text{ L h}^{-1}$ e pressão de serviço de 200 kPa (20 mca). A manutenção do sistema consistiu em fazer regularmente a lavagem do filtro de discos e das mangueiras (linhas laterais), abrindo o final das linhas a fim de eliminar incrustações de partículas formadas no interior das mesmas, e minimizar problemas na uniformidade de distribuição de água.

A uniformidade foi determinada utilizando a metodologia proposta por Merriam e Keller (1978), que consiste em medir a vazão em quatro pontos ao longo da linha

lateral: do primeiro gotejador, dos gotejadores situados a 1/3 e 2/3 do comprimento, e do último emissor. Também foi registrada, com manômetro, a pressão no final das laterais. Foram avaliadas quatro linhas em cada bloco, adotando-se o mesmo critério (início, 1/3, 2/3 e final do bloco), totalizando 64 valores de vazão. Os índices utilizados para avaliar a uniformidade foram o CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen) e o CUD (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição), determinados através das Equações 1 e 2.

$$CUC = 100 \cdot \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n \cdot \bar{q}} \right] \quad (\text{eq. 1})$$

$$CUD = 100 \cdot \left(\frac{q_{25}}{\bar{q}} \right) \quad (\text{eq. 2})$$

Em que:

q_i – Vazão do i -ésimo emissor ($L h^{-1}$);

\bar{q} – Vazão média dos emissores ($L h^{-1}$);

n – Número de emissores.

q_{25} – Média de 25% das vazões com menores valores;

O manejo da irrigação foi feito através do tanque classe A. Os dados de evaporação, precipitação pluvial e temperaturas máxima e mínima foram obtidos diariamente, junto à Estação Climatológica, situada próxima ao experimento.

Foi adotado um turno de rega fixo, sendo as irrigações realizadas sempre às segundas, quartas e sextas-feiras. Nas segundas-feiras, a irrigação foi realizada com base na ECA acumulada de sexta-feira, sábado e domingo. Nas quartas-feiras, a ECA utilizada foi a de segunda e terça. Para as sextas-feiras, as irrigações foram baseadas na ECA de quarta e quinta.

Para o cálculo da lâmina total necessária, considerou-se a evaporação da água do tanque classe A e o valor do tratamento, descontando o valor da precipitação pluvial, acumulada entre duas irrigações consecutivas, conforme a Equação 3.

$$LTN = (ECA \cdot Trat) - P \quad (\text{eq. 3})$$

Em que:

LTN – Lâmina total necessária (mm);

ECA – Evaporação da água do tanque classe A (mm);

Trat – Valor do tratamento (decimal);

P – Precipitação (mm).

A irrigação só não foi realizada quando $P \geq (\text{Trat} \cdot \text{ECA})$.

O tempo de funcionamento da irrigação por posição (Equação 4) foi calculado em função da LTN, vazão do gotejador e área molhada. A irrigação foi controlada por meio de registros, sendo uma válvula para cada parcela.

$$T = \frac{LTN \cdot (Lf \cdot Eg)}{q} \quad (\text{eq. 4})$$

Em que:

T – Tempo de funcionamento por posição (h);

Lf – Largura média da faixa molhada (0,80 m);

Eg – Espaçamento entre gotejadores (0,75 m);

q – Vazão do gotejador (3,5 L h⁻¹).

3.5 Características vegetativas

O desenvolvimento vegetativo do cafeeiro foi avaliado anualmente (de 2002 a 2008), perfazendo um total de sete avaliações. As características vegetativas avaliadas e as metodologias adotadas foram as seguintes:

- Altura de planta (cm), medida com régua, do colo à gema apical das plantas;
- Diâmetro médio de copa (cm), medido na altura média das plantas, no sentido perpendicular às linhas de plantio;
- Diâmetro de caule (mm), medido com paquímetro, a uma altura de 10 cm em relação à superfície do solo;

- Comprimento de ramos plagiotrópicos (cm), fazendo-se a média do primeiro par de ramos (um ramo de cada lado), selecionado nas plantas;
- Número de entrenós no ramo ortotrópico.

3.6 Características produtivas

Para todos os anos de avaliação da produção do experimento (2003 a 2008), definiu-se como ponto de colheita o momento em que o percentual de frutos verdes estava entre 10 e 15%. Para verificar o percentual de frutos verdes, coletou-se amostras de 1,0 L de café na bordadura das parcelas de cada tratamento, fazendo-se, então, a contagem dos frutos verde, verde-cana, cereja (maduro) e seco.

O método de colheita foi a derriça manual no pano, com “varreção” dos frutos caídos no chão, sendo também contabilizados na quantificação do volume de “café da roça”.

No dia da colheita, foi mensurado o volume (L) de frutos colhidos em cada parcela, do qual foi retirada uma amostra homogênea de 5,0 L, totalizando 32 amostras. As amostras foram acondicionadas em embalagens devidamente identificadas, de malha aberta, que permitem uma boa ventilação e incidência de luz e que minimizam o processo de fermentação da massa de café, possibilitando uma secagem rápida dos frutos.

As amostras foram expostas diariamente ao sol, em terreiro de chão batido, até atingirem a umidade ideal para o beneficiamento (entre 11 e 12%). Durante a noite, foram protegidas do orvalho, sendo também reviradas várias vezes durante o dia, para que a secagem ocorresse de forma homogênea.

Após a secagem, as amostras foram pesadas, sendo retirada de cada uma delas, uma sub-amostra de 0,5 kg de café em “coco” para o beneficiamento. O benefício foi realizado num descascador elétrico, promovendo-se, em seguida, uma nova pesagem e medição do teor de umidade.

Os parâmetros produtivos avaliados foram: a produtividade (sacas ha⁻¹), o rendimento e a renda. O rendimento expressa o volume de “café da roça” necessário para obter uma saca de 60 kg de café beneficiado, expresso geralmente em litros por saca (L saca⁻¹). Por sua vez, a renda representa a quantidade de café em coco necessária para se obter uma unidade de café beneficiado (kg kg⁻¹).

3.7 Metodologia estatística

Os dados coletados foram submetidos aos testes de normalidade, de Shapiro-Wilk, e de homogeneidade das variâncias, de Bartlett. Em seguida, aplicou-se a análise de variância (teste F), em níveis de 1% e 5% de probabilidade, descrita por Banzatto e Kronka (2006), sendo usado o software SISVAR¹.

Os parâmetros significativos foram submetidos à análise de regressão polinomial, estimando-se, então, a lâmina ótima para cada característica avaliada. Complementando as análises individuais, foi realizada a análise conjunta dos dados de produção, com o intuito de verificar possível interação dos fatores lâmina e ano.

¹ Software desenvolvido no Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação

Conforme Silva (2007), a uniformidade do sistema revelou um CUD de 84,4% e um CUC de 88,3%, enquanto a pressão no final das linhas variou de 160 a 170 kPa, em teste realizado em Agosto de 2007. Segundo os critérios estabelecidos por Merriam e Keller (1978), a uniformidade do sistema é considerada boa. Esses autores adotam os seguintes critérios de interpretação do CUD, para sistemas por gotejamento que estejam em operação por alguns anos: maior que 90%, excelente; entre 80 e 90%, bom; de 70% a 80%, regular; e menor que 70%, ruim.

4.2 Parâmetros climáticos

Os parâmetros climáticos de precipitação (Figura 2), evaporação da água no tanque classe A (Figura 3) e temperatura (Figura 4) foram medidos no período de janeiro de 2001 a agosto de 2008.

Analisando a Figura 2, é possível observar que nos anos de 2001 e 2007 houve uma sensível redução na precipitação anual, tendo precipitado 1202 mm e 1493 mm, respectivamente, contra uma média de 1769 mm entre os anos analisados.

Conforme Matiello et al. (2005), precipitações anuais acima de 1200 mm podem ser consideradas aptas ao bom desenvolvimento da cafeicultura. Embora a média anual seja de 1769 mm, em alguns meses foi observada baixa precipitação, o que poderia ocasionar abortamento de flores ou grãos pequenos, caso não fosse realizada a irrigação.

Os meses de janeiro e dezembro apresentaram as maiores precipitações em média, onde o volume de chuva nesses dois meses correspondeu a 43% da precipitação média anual no período avaliado (2001 a 2008). O mês de julho apresentou a menor quantidade de chuva, apenas 7,3 mm, em média.

Assunção (2002) afirma que, na região do Triângulo Mineiro, o início e o final do período chuvoso é irregular. Essa irregularidade das chuvas afeta a produção das culturas não irrigadas, principalmente do cafeeiro cultivado no cerrado mineiro, que concentra seu florescimento nos meses de setembro e outubro (CARVALHO, 2008).

A precipitação, em abril de 2005, foi de apenas 55 mm. Silva (2007) comentou que essa baixa precipitação pode ter causado redução da produtividade em 2006, no tratamento não irrigado, em relação aos demais tratamentos. Camargo (1987) afirma que a falta de chuvas nos estádios de maturação e abotoamento não afeta a produtividade do ano, mas prejudica a safra do ano seguinte.

Verificando a Figura 3, nota-se que os meses de agosto, setembro e outubro são aqueles onde a ECA é mais acentuada, em média, o que demanda maior quantidade de água pelas plantas. Dentre esses meses, outubro é aquele onde a evaporação foi maior, com um valor médio de 7,72 mm dia⁻¹. Por outro lado, o mês de junho foi o que alcançou o menor valor de ECA, 5,07 mm dia⁻¹, em média, para os anos analisados.

O mês de julho foi o mais frio e o mês de outubro o mais quente, para os anos de avaliação, conforme Figura 4. Matiello et al. (2005) afirmam que a temperatura ideal para o desenvolvimento do cafeeiro, segundo o zoneamento térmico, está entre 19 e 22°C. Embora a temperatura média para o local do experimento tenha sido de 22,5°C, essa série de dados que deu origem a essa média é pequena, o que não dá subsídios para um questionamento sobre a aptidão dessa região, quanto ao zoneamento térmico.

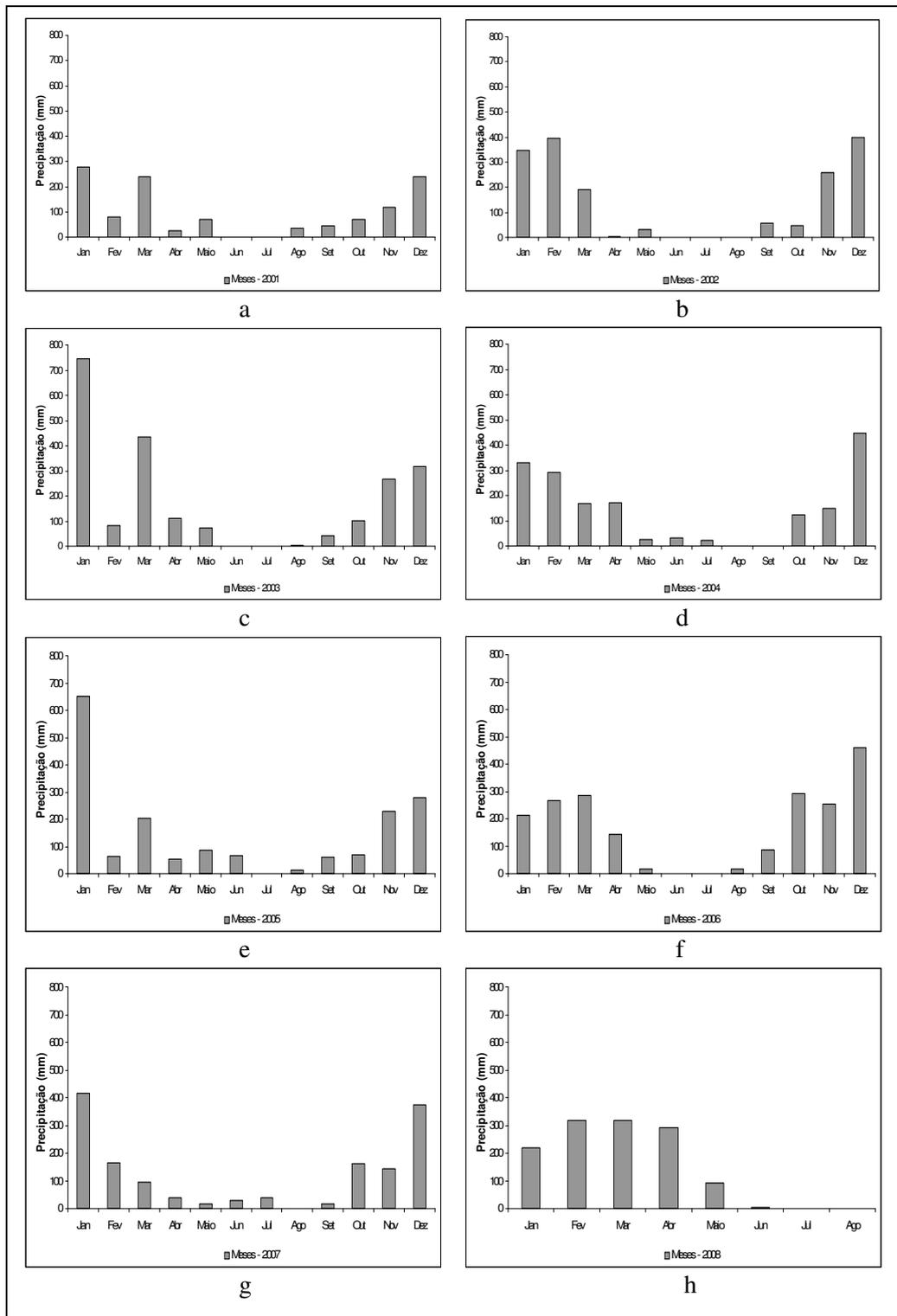


FIGURA 2 - Precipitação média mensal nos anos de 2001 (a), 2002 (b), 2003 (c), 2004 (d) 2005 (e), 2006 (f), 2007 (g), 2008 (h).

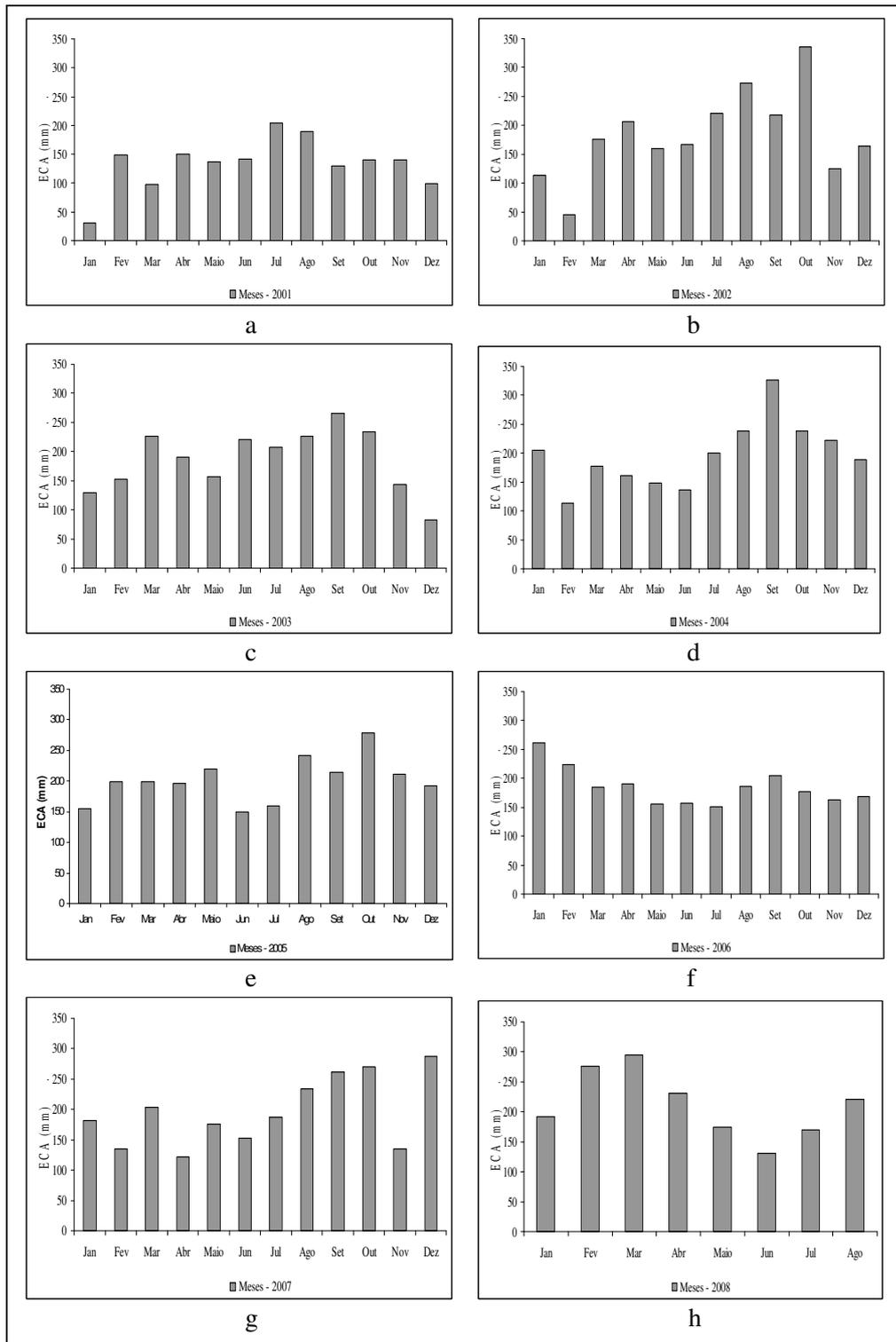


FIGURA 3 - Média mensal da evaporação da água do tanque classe A nos anos de 2001 (a), 2002 (b), 2003 (c), 2004 (d) 2005 (e), 2006 (f), 2007 (g), 2008 (h).

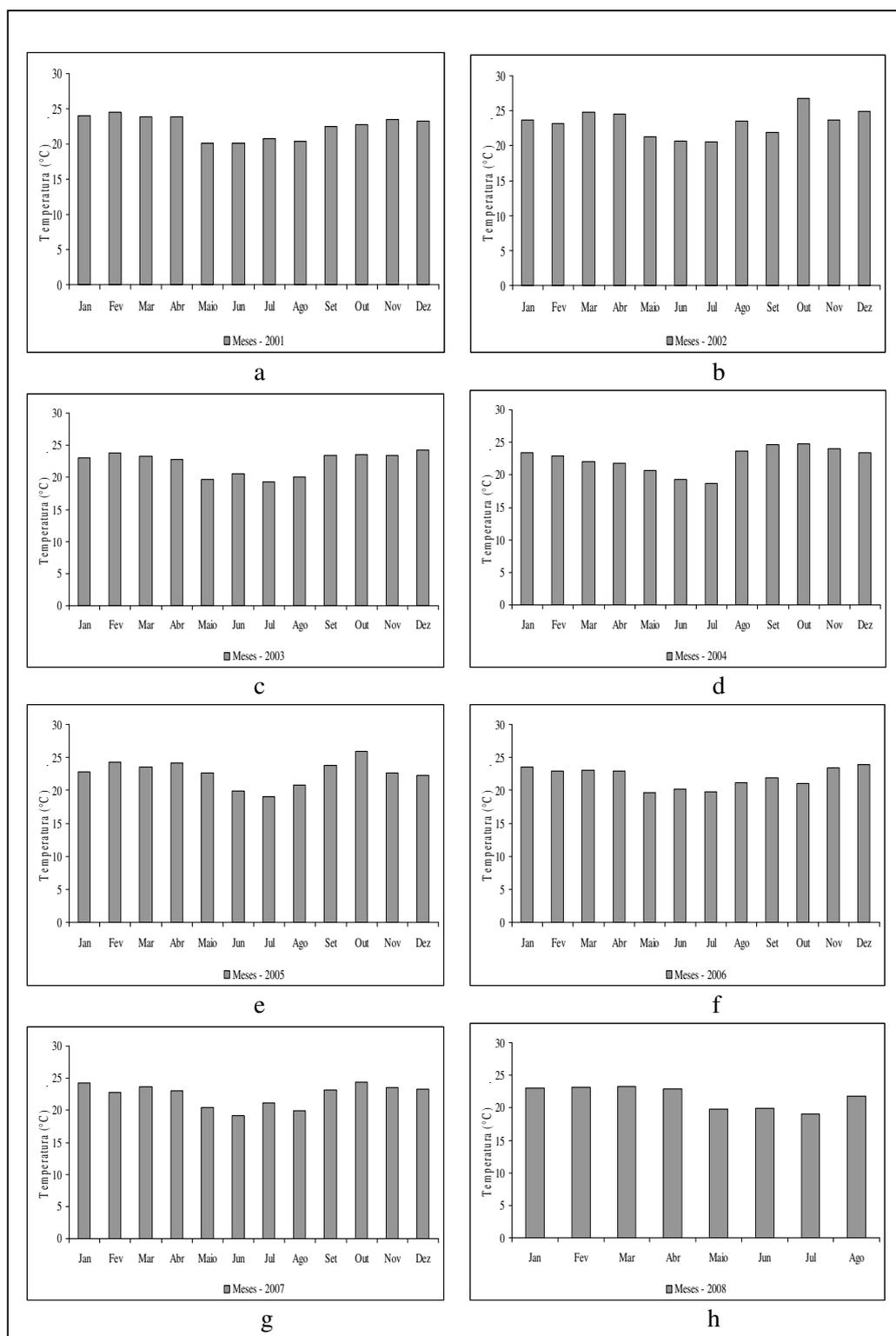


FIGURA 4 - Temperatura média mensal nos anos de 2001 (a), 2002 (b), 2003 (c), 2004 (d) 2005 (e), 2006 (f), 2007 (g), 2008 (h).

4.3 Características vegetativas

4.3.1 Altura de plantas

Os resumos das análises de variância, para a característica altura de plantas e para cada época de avaliação, encontram-se na Tabela 1. Analisando-a, verifica-se que houve efeito significativo em todos os períodos amostrados para a altura de plantas, logo, essa característica foi influenciada pelas lâminas de irrigação. Os resultados obtidos confirmam as afirmações de Gervásio (1998), que observou o mesmo efeito da irrigação sobre a altura de cafeeiros.

TABELA 1 - Resumo da análise de variância da altura (cm) do cafeeiro, cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Set. 2002	Jul. 2003	Jun. 2004	Mai. 2005	Mai.2006 ^{TD}	Mai.2007	Jul. 2008
Lâminas	(7)	492,91**	980,16**	723,12**	489,98**	0,5589**	327,53**	321,90**
Reg. linear	1	1974,82**	4192,95**	2592,94**	1188,65**	1,5200**	255,28 ^{NS}	180,35 ^{NS}
Reg. quadrática	1	552,79**	1753,15**	899,56**	573,39**	0,3957**	244,11 ^{NS}	12,91 ^{NS}
Desvios de reg.	5	184,55	183,00	313,87	333,56	0,3993	358,67	412,01
Blocos	3	6,21	30,60	43,23	48,29	0,0372	155,92	110,28
Resíduo	21	33,78	31,65	32,90	39,21	0,0379	66,02	73,42
Coef. de Variação (%)		6,52	4,21	3,40	3,09	1,29	3,25	3,31

^{TD} Houve transformação dos dados originais (raiz quadrada), devido às variâncias da altura de plantas entre os tratamentos serem heterogêneas, pelo teste de Bartlett.

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

NS - Não significativo

Através das análises de regressão (Figura 5), nota-se que a equação a qual melhor se ajustou aos dados de crescimento das plantas, para as quatro primeiras épocas de avaliação, foi a equação de regressão quadrática, como também observado por Silva (2007). Já para as avaliações efetuadas em maio de 2006, maio de 2007 e julho de 2008, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o exponencial.

Analisando as três últimas épocas amostradas, verifica-se que, à medida que se aumenta a lâmina de irrigação, os cafeeiros crescem até atingirem um valor máximo, a partir do qual o acréscimo de mais água torna-se prejudicial às plantas. Karasawa (2001), em Lavras - MG, observou que o aumento da lâmina de irrigação, equivalente a

120% da evaporação da água do tanque classe A aplicada, melhora algumas características de crescimento, como altura das plantas e diâmetro de copa.

Nota-se, pela Figura 5, que a lâmina correspondente a 163,0% da ECA propiciou a maior altura do cafeeiro Rubi MG-1192, atingindo 97,4 cm no primeiro ano avaliado. Este resultado inicial diverge do encontrado por Teodoro et al. (2005a), os quais observaram que a melhor lâmina para altura de plantas foi a correspondente a 123% da ECA. É importante ressaltar que essa diferença encontrada ocorreu, possivelmente, porque os autores aplicaram a regressão polinomial de 2º grau, e não consideraram o nível de significância da equação, o que pode ter influenciado o resultado. Nazareno (2002) destacou que a irrigação durante todo o ano favoreceu o crescimento inicial do cafeeiro cultivar Rubi MG 1192.

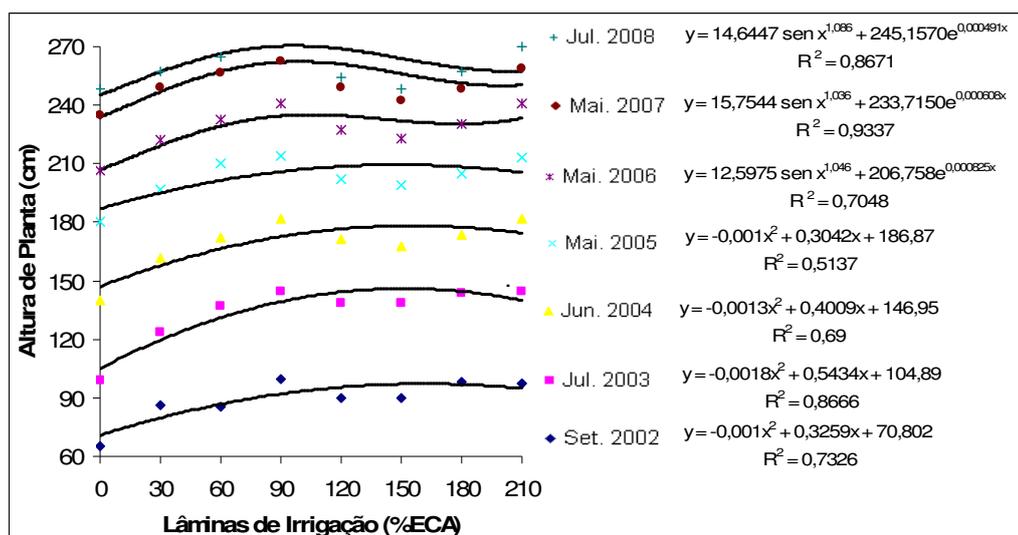


FIGURA 5 - Representação gráfica e equações de regressão da altura de plantas (cm), em função das lâminas de irrigação.

Neste trabalho, as melhores lâminas de irrigação foram aquelas equivalentes a 150,9% da ECA, em julho de 2003, com altura máxima de 145,9 cm, enquanto para junho de 2004, a melhor lâmina de irrigação foi correspondente a 154,2% da ECA, com altura máxima de 177,9 cm. Para as avaliações efetuadas em maio de 2005, a altura máxima atingida foi de 210,0 cm, com uma lâmina que corresponde a 152,1% da ECA. Em maio de 2006, a lâmina equivalente a 106,0% da ECA promoveu a altura máxima

de 235,1 cm. Já em maio de 2007, a lâmina de irrigação que melhor se ajustou foi a que corresponde a 99% da ECA, proporcionando uma altura máxima de 262,3 cm. Em julho de 2008, a altura máxima alcançada foi 270,5 cm, empregando-se uma lâmina equivalente a 97% da ECA.

Em setembro de 2002, enquanto as plantas não irrigadas apresentaram em média 70,80 cm de altura, o tratamento irrigado apresentou altura de 97,40 cm, com uma lâmina correspondente a 163,0 % da ECA. Em julho de 2003, as plantas não irrigadas apresentaram 104,9 cm de altura, enquanto o tratamento que teve o maior crescimento, 145,9 cm, foi o correspondente a 150,9% da ECA.

A partir de maio de 2005, verificou-se que as plantas começaram a responder melhor em termos de crescimento (ou seja, em altura) empregando-se lâminas menores, notou-se também que a diferença de altura entre tratamentos, irrigado e não irrigado, tornou-se menor. Isto ocorreu provavelmente devido a possível paralisação do crescimento, ocasionada pelo desenvolvimento mais avançado do cafeeiro.

4.3.2 Diâmetro de copa

Na Tabela 2, estão contidos os resultados da análise de variância para esta característica. Verifica-se que, em todas as épocas avaliadas, foi encontrada significância entre as lâminas estudadas, pelo teste F.

TABELA 2 - Resumo da análise de variância do diâmetro de copa (cm) do cafeeiro, cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Set. 2002	Jul. 2003	Jun. 2004	Mai. 2005	Mai. 2006	Mai 2007	Jul. 2008
Lâminas	(7)	965,00**	638,17**	420,36**	692,41**	759,75**	937,87**	1233,59**
Reg. linear	1	3764,85**	3031,31**	1212,04**	1675,21**	2387,88**	3298,89**	4281,74**
Reg. quadrática	1	2606,27**	1192,67**	352,92**	889,20**	1287,75**	1813,06**	2472,26**
Desvios reg.	5	76,77	48,64	275,51	456,50	328,52	290,63	376,23
Blocos	3	11,46	12,61	10,99	25,59	78,98	88,69	97,80
Resíduo	21	38,07	47,77	23,32	49,22	32,52	36,74	40,75
Coef. de Variação (%)		6,10	4,77	2,76	3,56	2,71	2,70	2,69

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Procedeu-se a análise de regressão para cada situação, cujos resultados encontram-se na Figura 6. Observa-se que o modelo de regressão quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados, para cada época de avaliação.

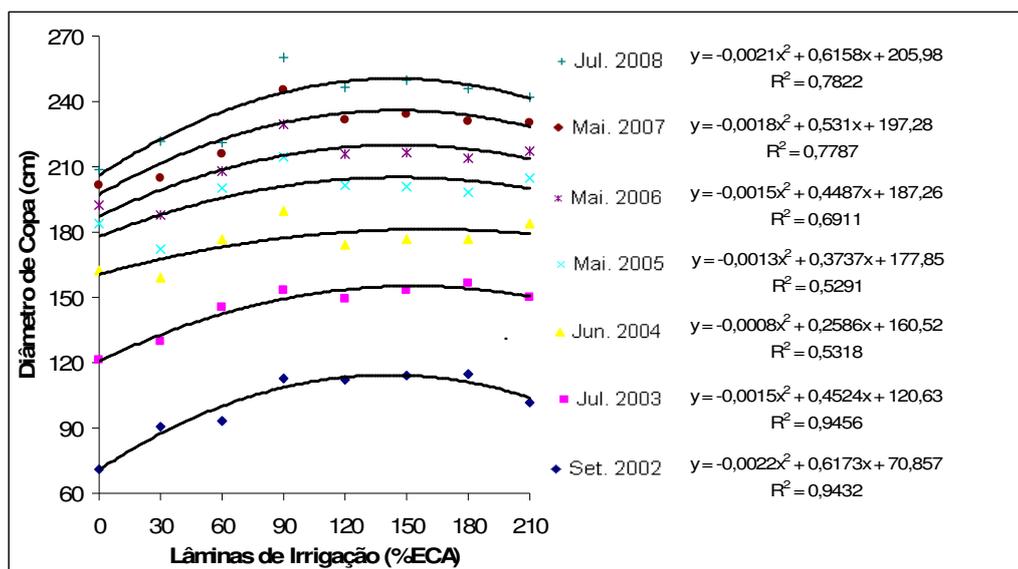


FIGURA 6 - Representação gráfica e equações de regressão do diâmetro médio de copa (cm) do cafeeiro, em função das lâminas de irrigação.

As avaliações efetuadas em setembro de 2002 e julho de 2003 mostraram que a aplicação de lâminas d'água correspondentes a 140,3% e 150,8% da ECA proporcionaram os maiores valores de diâmetro de copa, 114,2 e 154,7 cm, respectivamente. Para a avaliação efetuada em junho de 2004, a lâmina de irrigação que promoveu maior diâmetro de copa (181,4 cm) foi a que corresponde a 161,6% da ECA.

As melhores lâminas de irrigação, para as avaliações realizadas em maio de 2005 e maio de 2006, foram àquelas equivalentes a 143,7% e 149,6% da ECA, nestas épocas, os diâmetros médios de copa foram de 204,7 e 220,8 cm. Em relação a maio de 2007, verificou-se que ao empregar uma lâmina equivalente a 147,5% da ECA, obteve-se um diâmetro máximo de copa de aproximadamente 236,4 cm.

No mês de julho de 2008, o diâmetro máximo de copa foi de 251,1 cm aplicando-se uma lâmina correspondente a 148,6% da ECA. O resultado da avaliação efetuada em 2007 está coerente com aquele encontrado por Teodoro et al. (2005a), os

quais também observaram que a melhor lâmina para esse parâmetro foi aquela que corresponde a 147% da ECA.

No primeiro ano de condução do experimento, percebe-se que a lâmina de 140,3 % da ECA aumentou o diâmetro de copa em aproximadamente 61%, em relação às plantas dependentes da precipitação pluviométrica local. Em 2007, o diâmetro de copa das plantas não irrigadas foi 197,3 cm, já nas irrigadas o diâmetro foi 19,9% mais elevado. Em relação ao ano de 2008, o diâmetro de copa das plantas irrigadas apresentou um acréscimo de 21,9%, em relação ao tratamento sem irrigação.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Araújo (1982) e Silva e Leite (2000), os quais constataram que o diâmetro da copa do cafeeiro foi influenciado positivamente pela irrigação. Provando-se, então, o quanto a irrigação pode ser benéfica ao desenvolvimento do cafeeiro.

4.3.3 Diâmetro de caule

Os resultados da análise de variância encontram-se na Tabela 3. Analisando a referida Tabela, nota-se que as lâminas de irrigação, correspondentes a evaporação em tanque classe A, apresentaram significância, ao nível de 1% de probabilidade, apenas nas avaliações efetuadas no período correspondente entre setembro de 2002 e maio de 2006. Com relação aos dois últimos anos avaliados (maio de 2007 e julho de 2008), observou-se que não houve significância, pelo teste F ($P < 0,01$), mas mesmo assim percebe-se que a precisão na condução do experimento foi elevada em razão do baixo coeficiente de variação.

TABELA 3 - Resumo da análise de variância do diâmetro de caule (mm) do cafeeiro, cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Set. 2002	Jul. 2003	Jun. 2004	Mai. 2005	Mai. 2006	Mai. 2007	Jul. 2008
Lâminas	(7)	75,14**	76,01**	74,76**	43,04**	41,68**	4,97 ^{NS}	17,89 ^{NS}
Reg. linear	1	349,30**	327,25**	271,90**	180,98**	149,12**	5,06 ^{NS}	37,21 ^{NS}
Reg. quadrática	1	133,05**	154,57**	221,09**	81,94**	80,83**	2,08 ^{NS}	0,69 ^{NS}
Desvios de reg.	5	8,73	10,06	6,07	7,67	12,37	5,53	17,48
Blocos	3	4,27	2,22	4,29	1,57	1,15	2,52	2,47
Resíduo	21	2,56	5,05	2,89	6,29	2,20	2,96	3,64
Coef. de Variação (%)		4,94	5,38	3,50	4,59	2,55	2,88	3,18

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F

NS - Não significativo

Dada à significância da influência do fator lâmina de irrigação no período de setembro de 2002 a maio de 2006, procedeu-se a análise de regressão a qual indicou que as equações de 2º grau (modelo quadrático) são as que explicam com maior confiabilidade o comportamento do diâmetro de caule do cafeeiro, em função das lâminas de irrigação aplicadas (Figura 7).

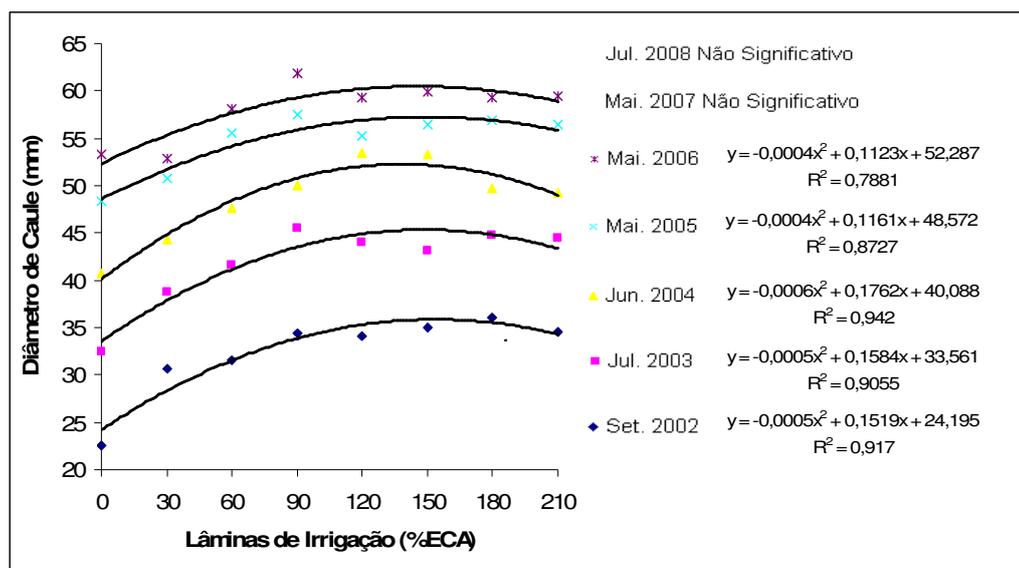


FIGURA 7 - Representação gráfica e equações de regressão do diâmetro de caule (mm) do cafeeiro, em função das lâminas de irrigação.

Observa-se que, para as avaliações efetuadas desde setembro de 2002 a maio de 2006, as melhores lâminas de reposição de água foram às equivalentes a 151,9%, 158,4%, 146,8%, 145,1% e 140,4% da ECA. Os valores máximos de diâmetro de caule encontrados para cada um desses níveis foram de 36, 46, 53, 57 e 60 mm, respectivamente. Nota-se que ao aplicar lâminas de irrigação equivalentes a 151,9%, 158,4% e 146,8% ocorre um incremento no diâmetro de caule das plantas de café da ordem de 47,7%, 34,4% e 32,3%, em relação às plantas não irrigadas.

O incremento do diâmetro do caule, constatado em função das lâminas de irrigação, veio confirmar fatos semelhantes também relatados pelos autores Snoeck (1977), Araújo (1982), e Alves et al. (2000), os quais detectaram diferenças significativas entre os valores médios de diâmetro do caule obtidos nos tratamentos com

e sem irrigação, em que os irrigados apresentaram, em média, valores superiores àqueles sem irrigação.

4.3.4 Comprimento de ramos plagiotrópicos

O comprimento do ramo plagiotrópico dá uma idéia do potencial produtivo do cafeeiro, isto porque a produção do ano seguinte se concentra principalmente nos ramos plagiotrópicos mais novos e nos pontos de crescimento do ano anterior. De acordo com Alves et al. (2000), existe uma estreita dependência da floração em relação ao crescimento dos ramos e, por consequência, da produção em relação à floração.

A análise estatística dos dados de comprimento dos ramos plagiotrópicos apresentou significância com níveis de 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 4), para todas as avaliações. Observa-se que o modelo de regressão quadrático foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, para as determinações efetuadas desde setembro de 2002 a maio de 2007 e, ao nível de 5%, em julho de 2008.

TABELA 4 - Resumo da análise de variância do comprimento de ramos plagiotrópicos (cm) do cafeeiro, cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Set. 2002	Jul. 2003	Jun. 2004	Mai. 2005	Mai. 2006	Mai. 2007	Jul. 2008
Lâminas	(7)	116,94**	263,54**	153,57**	255,76**	236,74**	108,27**	130,12**
Reg. linear	1	399,83**	1033,19**	700,46**	1071,31**	967,37**	76,65 ^{NS}	377,64**
Reg. quadrática	1	171,93**	757,37**	281,51**	623,93**	424,58**	321,20**	131,45*
Desvios de reg.	5	49,36	10,84	18,61	19,02	53,05	72,01	80,35
Blocos	3	26,79	18,52	41,48	133,77	117,44	36,89	28,77
Resíduo	21	13,28	12,23	19,49	16,95	22,96	20,92	26,84
Coef. de Variação (%)		5,65	4,39	4,72	4,03	4,36	3,67	3,94

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

NS - Não significativo

De acordo com as equações de regressão apresentadas na Figura 8, em setembro de 2002, o comprimento de ramos plagiotrópicos foi da ordem de 67,5 cm, com lâmina de água equivalente a 141,2% da ECA, e de 86,3 cm, em julho 2003, mediante suprimento de 137,7% da ECA.

Nas medições realizadas em junho de 2004, maio de 2005 e maio de 2006, verificou-se um ligeiro aumento no comprimento de ramos plagiotrópicos (99,1 cm; 108,3 cm e 115,5 cm), com o aumento do suprimento de água equivalentes a 156,5%, 140,5 % e 147,5 % de reposição da ECA. Em maio de 2007, o comprimento dos ramos chegou a 128,0 cm, para a lâmina correspondente a 114,9 % da ECA. Na medição efetuada em julho de 2008, o maior comprimento observado foi de 134,9 cm, aplicando-se uma lâmina equivalente a 153% da ECA.

Karasawa (2001) trabalhou com a cultivar Topázio MG-1190, também irrigada por gotejamento, e encontrou maior comprimento de ramos plagiotrópicos com a lâmina de 120% da ECA. É importante destacar o efeito positivo que maiores comprimentos de ramos podem provocar sobre a produção. Gervásio et al. (1999) verificaram, no cafeeiro (cultivar Topázio), que o maior crescimento dos ramos plagiotrópicos ocorreu de setembro a março, quando as condições climáticas são mais favoráveis e, a partir daí, uma acentuada queda no crescimento, até o mês de junho.

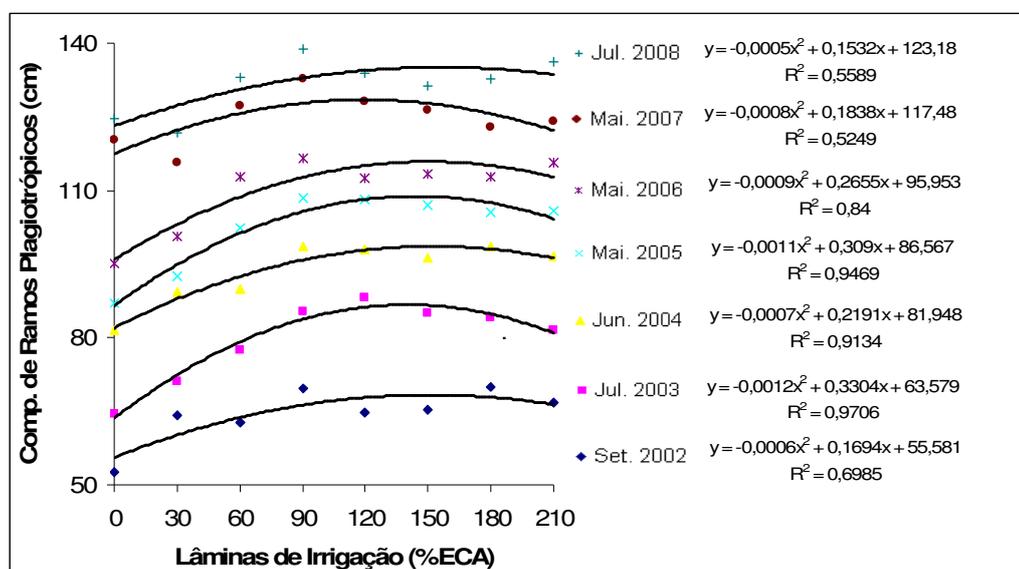


FIGURA 8 - Representação gráfica e equações de regressão do comprimento de ramos plagiotrópicos (cm), em função das lâminas de irrigação.

4.3.5 Número de entrenós no ramo ortotrópico

Na Tabela 5, encontra-se o resumo da análise de variância para a característica, número de entrenós no ramo ortotrópico. Percebe-se que apenas a avaliação efetuada em maio de 2007 não foi significativa, a 1% de probabilidade, pelo teste F. Com relação as demais épocas estudadas, observou-se efeito das lâminas de água sobre a característica avaliada.

TABELA 5 - Resumo da análise de variância do número de entrenós no ramo ortotrópico do cafeeiro, cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Set. 2002	Jul. 2003	Jun. 2004	Mai. 2005	Mai. 2006	Mai. 2007	Jul. 2008
Lâminas	(7)	17,89**	73,21**	75,43**	85,18**	50,42**	48,79 ^{NS}	47,71**
Reg. linear	1	43,35**	271,11**	227,37**	262,50**	79,62**	36,33 ^{NS}	10,01 ^{NS}
Reg. quadrática	1	27,31**	208,87**	140,64**	235,34**	105,14**	17,92 ^{NS}	56,01**
Desvios de reg.	5	10,91	6,50	31,99	19,68	33,64	57,45	53,60
Blocos	3	1,14	1,83	0,46	0,49	6,85	8,38	25,92
Resíduo	21	1,33	2,86	1,71	4,11	6,12	28,70	5,52
Coef. de Variação (%)		6,37	5,58	3,05	4,02	4,24	7,67	2,61

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F

NS - Não significativo

Nota-se, na Figura 9, que o número de entrenós no ramo ortotrópico, nos dois primeiros anos estudados, foi relativamente pequeno, cerca de 20,0 e 34,0, para as lâminas equivalentes a 160% e 143,67% da ECA. Nas avaliações subsequentes (junho de 2004, maio de 2005 e maio de 2006), os pontos máximos das curvas de resposta, encontrados para cada uma dessas épocas, foram de 46, 53 e 61 entrenós no ramo ortotrópico, obtidos, respectivamente, com a reposição de 145,5%, 128,4 e 104,0% da ECA.

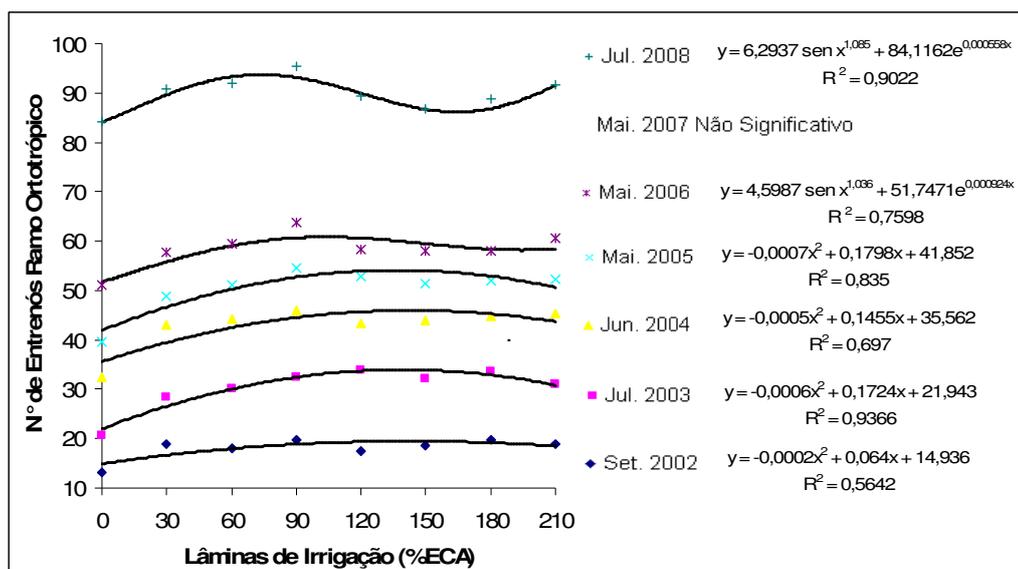


FIGURA 9 - Representação gráfica e equações de regressão do número de entrenós no ramo ortotrópico do cafeeiro, em função das lâminas de irrigação.

Observou-se que, com o passar dos anos, houve um aumento do número de entrenós no ramo ortotrópico, principalmente, quando o cafeeiro foi submetido à irrigação. Vilella (2001) constatou que a irrigação promove aumento do número de entrenós no cafeeiro, podendo assim, elevar a produção de frutos. Neste contexto, o maior número de entrenós no ramo ortotrópico, verificado neste experimento, foi de 94, quando se aplicou uma lâmina correspondente a aproximadamente 74% da ECA, para o ano de 2008.

Ainda em julho de 2008, o tratamento que permaneceu sob condições de sequeiro (sem irrigação) apresentou menor número de entrenós, cerca de 84 entrenós por ramo ortotrópico, quando comparado aos tratamentos irrigados. Estes resultados correspondem aos encontrados por Soares et al. (2000), que observaram um aumento de 55% no número de internódios dos cafeeiros irrigados, quando comparados com os não irrigados.

4.4 Características produtivas

Os resultados referentes à produção são os que mais interessam ao produtor, sendo de suma importância avaliar não só a produtividade, mas também características como rendimento e renda, importantes no cálculo de custos e receitas.

4.4.1 Produtividade

A aplicação de diferentes lâminas de irrigação influenciaram significativamente a produtividade do cafeeiro Rubi MG-1192, ao nível de 1% de probabilidade, em 2003, 2004, 2006 e 2008, sendo de 5%, em 2005 (Tabela 6). Esses resultados reforçam os encontrados por Karasawa (2001), que observou que o tratamento com reposição de água, equivalente a 120% da ECA, produziu quase 15 vezes mais que a testemunha.

A produtividade no ano de 2007 foi desconsiderada por ter sido nula em cerca de 75% dos tratamentos. Possivelmente, isso tenha ocorrido devido a alta produtividade alcançada em 2006, promovendo o esgotamento das plantas, quando submetidas a lâmina de irrigação superior a 30% da ECA.

TABELA 6 - Resumo da análise de variância da produtividade de café (sacas ha⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios				
		2003	2004	2005 ^{TD}	2006	2008
Lâminas	(7)	1726,43**	5159,36**	8,08*	1070,31**	560,01**
Reg. linear	1	5386,28**	25812,34**	19,23*	4304,19**	1444,06**
Reg. quadrática	1	4170,25**	6674,60**	0,33 ^{NS}	1221,83*	45,34 ^{NS}
Desvios de reg.	5	505,69	725,72	7,40	393,23	486,13
Blocos	3	128,20	8,89	1,50	139,87	34,42
Resíduo	21	55,80	116,10	2,54	165,46	69,86
Coef. de Variação (%)		14,45	12,48	61,45	12,82	10,86

^{TD} Houve transformação (raiz quadrada) dos dados originais, devido às variâncias da produtividade entre tratamentos serem heterogêneas, pelo teste de Bartlett.

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

NS - Não significativo

Em 2005, possivelmente em função da biannualidade, a produção foi muito irregular entre as repetições de cada tratamento. Com isso, foi necessária a realização do teste de Bartlett, devido as variâncias, também de produtividade, serem heterogêneas entre os tratamentos, o que implicou na necessidade de transformação dos dados obtidos no campo para proceder a análise de variância. Na Figura 10, são apresentadas as equações de regressão dos dados originais.

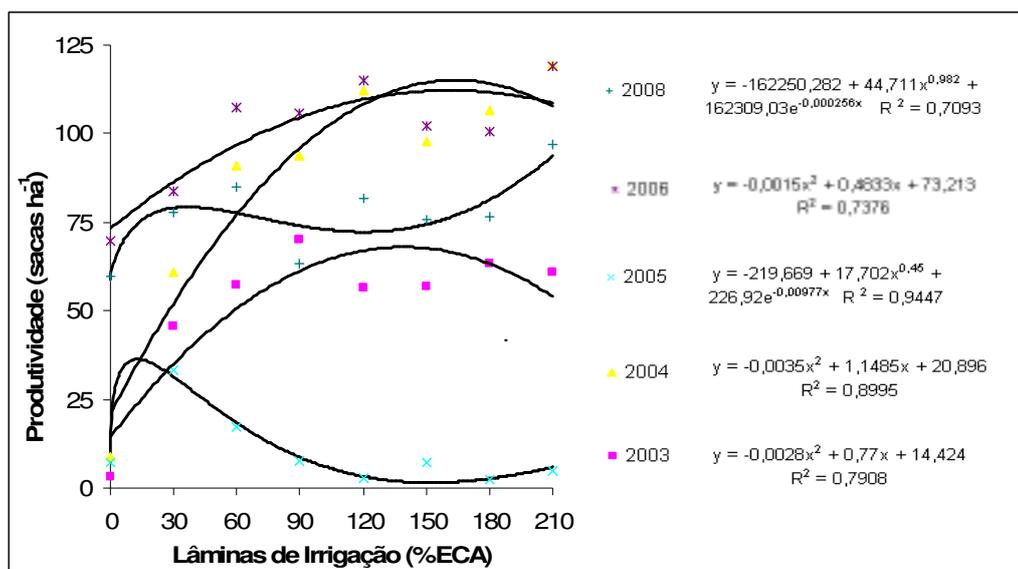


FIGURA 10 - Representação gráfica da produtividade de café (sacas ha⁻¹), em função das lâminas de irrigação.

Para a safra de 2003, verificou-se a maior produtividade, de 67,4 sacas ha⁻¹, com a lâmina correspondente a 137,5% da ECA. Enquanto que para a safra de 2004, constatou-se que a melhor lâmina foi com a reposição equivalente a 164,1% da ECA, com uma produtividade de 115 sacas ha⁻¹.

A produtividade máxima, para o ano de 2005, foi de 36 sacas ha⁻¹, referente ao nível de 13,0% da ECA. Esse resultado foi bastante diferente do encontrado em 2004, possivelmente devido a alternância de safras (alta e baixa) comumente encontradas no cafeeiro. Em 2006, a produtividade foi elevada, assim como em 2004, atingindo o máximo de 112,1 sacas ha⁻¹, com a aplicação de 161,1% da ECA.

A melhor produtividade, para o ano de 2008, foi de 93,75 sacas ha⁻¹, correspondente a 210% da ECA, o que difere do encontrado por Teodoro et al. (2005c), onde avaliaram diferentes lâminas de irrigação, também em Uberlândia-MG, na safra 2003/2004, e constataram que a melhor lâmina foi a correspondente a 164% da ECA, com produtividade de 115,3 sacas ha⁻¹.

A análise conjunta das safras de 2003, 2004, 2005, 2006 e 2008 indica que a interação entre lâminas de irrigação x anos foi significativa, ao nível de 1%, pelo teste F (Tabela 7). Como as lâminas já foram analisadas para cada ano, realizou-se apenas o desdobramento de ano dentro de cada lâmina, estabelecendo a comparação das médias (Tabela 8).

TABELA 7 - Resumo da análise de variância conjunta da produtividade de café (sacas ha⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, nas safras 2003, 2004, 2005, 2006 e 2008. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Causas de Variação:	Lâminas (L)	Anos (A)	L x A	Blocos dentro de Anos	Resíduo
Graus de Liberdade:	7	4	28	15	105
Quadrados Médios:	4728,69**	40160,14**	1055,35**	75,37	103,76
Média Geral:	65,13			Coef. de Variação:	15,64%

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F

TABELA 8 - Produtividade de café (sacas ha⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, em função dos anos, para cada tratamento. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Lâminas (%ECA)	Anos					Média
	2003	2004	2005	2006	2008	
0	3,23 b	8,93 b	7,36 b	69,61 a	59,57 a	29,74
30	45,58 cd	60,86 bc	33,45 d	83,58 a	77,60 ab	60,21
60	57,27 c	91,12 ab	17,08 d	107,21 a	84,95 b	71,52
90	70,15 b	93,81 a	7,44 c	105,84 a	63,12 b	68,07
120	56,51 c	112,13 a	2,88 d	114,98 a	81,57 b	73,61
150	56,73 b	97,78 a	7,23 c	102,05 a	75,83 b	67,92
180	63,20 b	106,53 a	2,28 c	100,55 a	76,33 b	69,78
210	60,77 c	119,58 a	4,64 d	119,13 a	96,93 b	80,21
Média	51,68	86,34	10,29	100,37	76,98	65,13
DMS	19,998					

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade.

DMS: Diferença Mínima Significativa

Nas lâminas correspondentes a 0% e 30% da ECA, as produtividades em 2006 e 2008 apresentaram os melhores resultados de produtividade, quando comparadas às produtividades obtidas em 2003, 2004 e 2005, mediante o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Nos demais tratamentos, a produtividade de 2005 foi a menor para todos os anos, isso sem avaliar o ano de 2007 que obteve produtividade nula em cerca de 75% dos tratamentos. Esse comportamento indica que o uso de irrigação não diminui a biennialidade do cafeeiro. Esses resultados reforçam o que foi exposto por Silva et al. (2008b) e Faria e Siqueira (2005).

4.4.2 Rendimento

O resumo da análise de variância (Tabela 9) mostra que, em 2005 e 2008, não houve diferença de rendimento, em função das lâminas de irrigação. Entretanto, houve significância, ao nível de 5%, em 2003, e de 1%, em 2004 e 2006.

TABELA 9 - Resumo da análise de variância do rendimento de café (L saca⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios				
		2003	2004	2005	2006	2008
Lâminas	(7)	3861,40*	82423,62**	38222,28 ^{NS}	12681,85**	2928,12 ^{NS}
Reg. linear	1	14466,67**	276816,49**	124084,47 ^{NS}	76109,41**	3764,98 ^{NS}
Reg. quadrática	1	8122,80*	172291,30**	7583,75 ^{NS}	4040,40 ^{NS}	6871,97 ^{NS}
Desvios de reg.	5	888,07	25571,51	27177,54	1724,63	1971,97
Blocos	3	812,25	21504,54	30250,95	341,06	839,29
Resíduo	21	1416,21	19104,32	34996,77	1564,08	1602,41
Coef. de Variação (%)		8,86	34,43	29,07	8,98	9,18

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

NS - Não significativo

Martins et al. (2002), trabalhando com diferentes níveis de irrigação, por pivô central, no cafeeiro Rubi, em Lavras (MG), não detectaram diferença significativa no rendimento das duas primeiras safras desta cultivar, o que difere deste experimento.

O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou ao comportamento do cafeeiro, para os dados de rendimento e nos anos de 2003 e 2004. Observa-se, ainda, que os pontos mínimos das curvas correspondem aos melhores rendimentos (Figura 11). Enquanto, para o ano de 2006, o uso da irrigação teve um efeito linear decrescente sobre o rendimento.

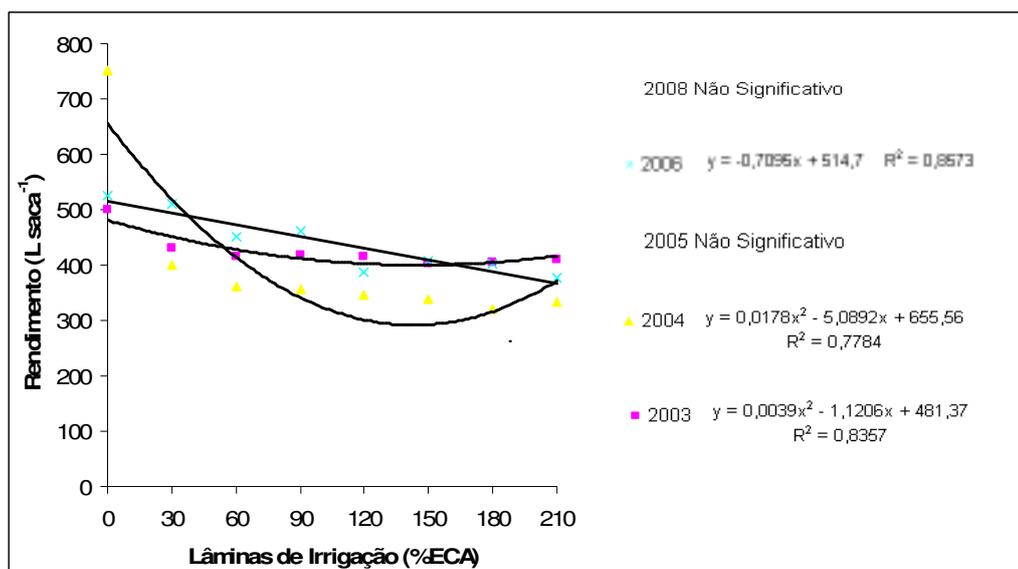


FIGURA 11 - Representação gráfica do rendimento de café (L saca⁻¹), em função das lâminas de irrigação.

A lâmina correspondente a 143,7% da ECA promoveu um rendimento de 400,9 L saca⁻¹, que foi o melhor rendimento para o ano de 2003, com uma redução de cerca de 17% de “café da roça” para compor uma saca beneficiada, em relação às parcelas não irrigadas.

Para 2004, verificou-se uma redução de 55% no volume de café colhido em litros, para compor uma saca de 60 kg de café beneficiado no tratamento irrigado, em relação ao que recebeu água somente das chuvas. O melhor rendimento nesse ano foi de 291,8 L saca⁻¹, proporcionado pela lâmina correspondente a 143,0% da ECA.

Em 2006, o tratamento testemunha (0% ECA) apresentou novamente o pior rendimento, sendo necessários 514,7 L saca⁻¹, enquanto para o tratamento de 210% da ECA encontrou-se um rendimento de 365,7 L saca⁻¹.

Estes resultados estão próximos dos encontrados por Vilella (2001), que avaliando a cultivar Acaiá MG-1474, obteve resposta positiva da irrigação sobre o rendimento, onde conseguiu um valor de 428,9 L saca⁻¹, com o tratamento de 100% da ECA.

O resumo da análise conjunta indica que houve interação significativa de lâminas de irrigação x anos, sobre o rendimento do cafeeiro, ao nível de 1% de significância, pelo teste F (Tabela 10).

TABELA 10 - Resumo da análise de variância conjunta do rendimento (L saca⁻¹) de café, da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, nas safras 2003, 2004, 2005, 2006 e 2008. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Causas de Variação:	Lâminas (L)	Anos (A)	L x A	Blocos dentro de Anos	Resíduo
Graus de Liberdade:	7	4	28	15	105
Quadrados Médios:	32607,85*	311454,32**	26877,35**	10749,62	11736,76
Média Geral:	469,11		Coefficiente de Variação:		23,09%

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

Observa-se, na Tabela 11, que o tratamento sem irrigação apresentou os melhores rendimentos em 2008, não diferindo de 2003 e 2006. Já nos tratamentos onde a aplicação de água corresponde a 30 e 210% da ECA, não houve diferença no rendimento entre as cinco colheitas.

TABELA 11 - Rendimento de café (L saca⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, em função dos anos, para cada tratamento. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Lâminas (% ECA)	Anos					Média
	2003	2004	2005	2006	2008	
0	498,81 ab	751,67 c	633,99 bc	525,50 ab	398,66 a	561,73
30	429,79 a	400,93 a	450,64 a	510,86 a	409,37 a	440,32
60	416,59 ab	361,70 a	599,10 b	450,50 ab	433,77 ab	452,33
90	416,88 a	357,31 a	703,52 b	461,18 a	483,71 a	484,52
120	414,53 a	346,20 a	667,46 b	386,68 a	457,13 ab	454,40
150	403,47 ab	339,64 a	607,62 b	408,64 ab	420,96 ab	436,07
180	405,75 a	321,23 a	708,41 b	401,41 a	442,25 a	455,81
210	410,59 a	332,53 a	777,49 a	376,85 a	441,27 a	467,75
Média	424,55	401,40	643,53	440,20	435,89	469,11
DMS	212,69					

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade.

DMS: Diferença Mínima Significativa

Nos tratamentos 60, 90, 120, 150 e 180% da ECA, o ano de 2005 apresentou os piores rendimentos. Possivelmente, isto ocorreu devido à alta produtividade nesses tratamentos em 2004, ocasionando redução das reservas de fotoassimilados que, por

consequência, possa ter limitado o desenvolvimento dos grãos em 2005, interferindo negativamente no rendimento, visto que o grão é o principal dreno do cafeeiro.

4.4.3 Renda

Houve efeito significativo das lâminas de irrigação sobre a renda, somente nos anos de 2003 e 2004, ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, conforme Tabela 12. Observa-se, também, que as equações que melhor se ajustaram às médias foram a linear, em 2003, e a quadrática, em 2004.

TABELA 12 - Resumo da análise de variância da renda de café (kg kg^{-1}), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios				
		2003	2004	2005	2006	2008
Lâminas	(7)	0,0810*	0,2667**	0,0536 ^{NS}	0,0044 ^{NS}	0,0156 ^{NS}
Reg. linear	1	0,4270**	1,2170**	0,1346 ^{NS}	0,0066 ^{NS}	0,0082 ^{NS}
Reg. quadrática	1	0,00001 ^{NS}	0,4562**	0,0008 ^{NS}	0,0057 ^{NS}	0,0024 ^{NS}
Desvios de reg.	5	0,0280	0,0387	0,0479	0,0037	0,0197
Blocos	3	0,0503	0,0227	0,0289	0,0030	0,0083
Resíduo	21	0,0267	0,0079	0,0387	0,0018	0,0055
Coef. de Variação (%)		8,43	4,55	9,45	2,40	3,80

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

NS - Não significativo

Para o ano de 2003, foi observada uma equação linear decrescente para a característica renda, onde o pior resultado ocorreu com o tratamento 0% ECA, necessitando de 2,11 kg de café em coco para obter 1,0 kg de café beneficiado (Figura 12). Rufino et al. (2008), avaliando diferentes lâminas de irrigação em Uberlândia-MG, cafeeiro Acaíá Cerrado – 1474, encontraram resultados similares, onde a pior renda foi proporcionada pelo tratamento sem irrigação, sendo necessários 2,41 kg de café em coco para produzir 1,0 kg de café beneficiado.

Na safra de 2004, verificou-se que o acréscimo de água promoveu uma diminuição na renda até um ponto mínimo ($1,77 \text{ kg kg}^{-1}$), obtido com a lâmina de 148,3% da ECA. A testemunha obteve os piores resultados para renda, sendo necessários 2,43 kg de café em coco para produzir 1,0 kg de café beneficiado.

As melhores lâminas obtidas para este parâmetro são similares às encontradas por Teodoro et al. (2005c), que trabalhando com a cultivar Rubi MG-1192, também em Uberlândia, verificaram que a lâmina correspondente a 153% da ECA propiciou a melhor renda (1,75 kg kg⁻¹), enquanto o tratamento sem irrigação proporcionou os piores resultados.

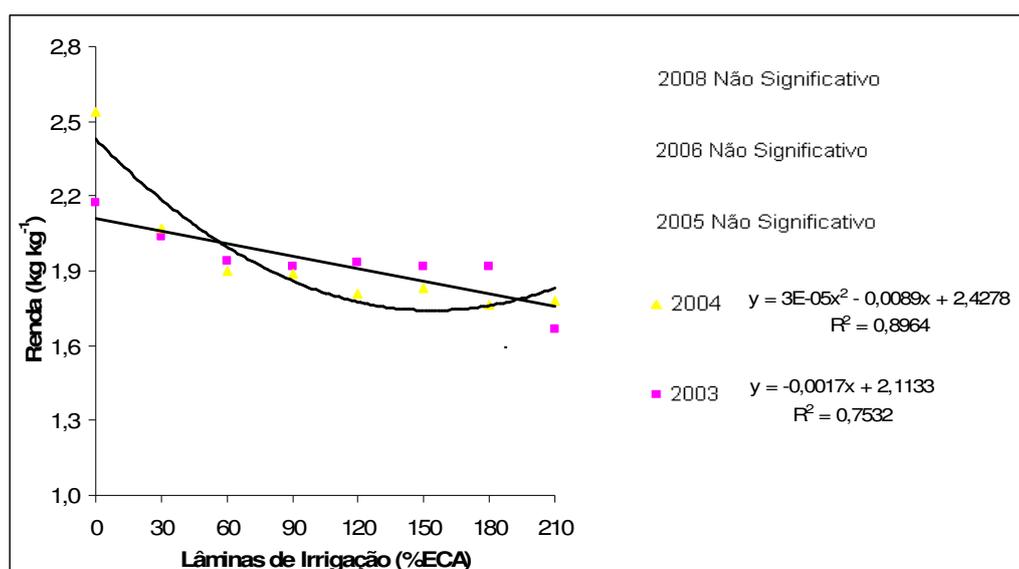


FIGURA 12 - Representação gráfica da renda de café (kg kg⁻¹), em função das lâminas de irrigação.

O resumo da análise conjunta da renda indica que houve interação significativa de lâminas de irrigação x anos sobre a renda do cafeeiro, ao nível de 1% de significância, pelo teste F (Tabela 13). Verifica-se, ainda, que a renda média de café das cinco colheitas foi de 1,936 kg de café em coco por quilograma de café beneficiado.

TABELA 13 - Resumo da análise de variância conjunta da renda de café (kg kg⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, nas safras 2003, 2004, 2005, 2006 e 2008. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Causas de Variação:	Lâminas (L)	Anos (A)	L x A	Blocos dentro de Anos	Resíduo
Graus de Liberdade:	7	4	28	15	105
Quadrados Médios:	0,1318**	0,4323**	0,0724**	0,0227	0,0161
Média Geral:	1,936		Coefficiente de Variação:		6,56%

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F

No tratamento sem irrigação e de 30% da ECA, as melhores rendas foram obtidas em 2006, não se diferindo de 2005 e 2008, conforme Tabela 14. Contudo, as rendas, para os cafeeiros que receberam água correspondente a 60 e 180% da ECA, foram estatisticamente semelhantes entre as cinco safras.

TABELA 14 - Renda de café (kg kg⁻¹), da cultivar Rubi, linhagem MG-1192, em função dos anos, para cada tratamento. UFU, Uberlândia – MG, 2009.

Lâminas (%ECA)	Anos					Média
	2003	2004	2005	2006	2008	
0	2,175 b	2,540 c	2,037 ab	1,816 a	2,028 ab	2,119
30	2,035 b	2,069 b	1,934 ab	1,767 a	1,956 ab	1,952
60	1,942 a	1,902 a	1,951 a	1,720 a	1,859 a	1,875
90	1,915 ab	1,889 ab	2,134 b	1,772 a	2,042 b	1,950
120	1,932 ab	1,807 ab	2,219 c	1,716 a	1,991 bc	1,933
150	1,915 ab	1,832 a	2,135 b	1,760 a	1,896 ab	1,907
180	1,915 a	1,764 a	2,008 a	1,768 a	1,933 a	1,878
210	1,665 a	1,778 ab	2,233 c	1,731 ab	1,952 b	1,872
Média	1,937	1,948	2,081	1,756	1,957	1,936
DMS	0,249					

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade.

DMS: Diferença Mínima Significativa

Através da aplicação da lâmina correspondente a 90% da ECA, os piores anos foram 2005 e 2008. No ano de 2005, foram verificados os piores valores de renda, encontrados nos tratamentos 120, 150 e 210% da ECA. Em média, na safra 2005, foram necessários 2,081 kg de café em coco para produzir 1,0 kg de café beneficiado.

5 CONCLUSÕES

Pôde-se concluir que:

1. A irrigação promoveu maior desenvolvimento vegetativo e produtividade do cafeeiro Rubi MG-1192, quando comparado com plantas de sequeiro;
2. Em média, as lâminas correspondentes a 131,7% da ECA, para altura de plantas, 148,6% da ECA, para diâmetro de copa, 148,5% da ECA, para diâmetro de caule, 141,6% da ECA, para comprimento de ramos plagiotrópicos e 125,9% da ECA, para número de entrenós no ramo ortotrópico, proporcionaram os maiores valores;
3. Não foi possível definir a melhor lâmina de irrigação para produtividade, rendimento e renda do cafeeiro;
4. A irrigação não eliminou a biennialidade da produção do cafeeiro.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. E. B. **Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação.** 1999. 94 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- ALVES, M. E. B.; FARIA, M A de; GUIMARÃES, R. J.; MUNIZ, J. A.; SILVA, E. L. da. Crescimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 219-225, 2000.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; RODRIGUES, B. H. N.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J.; FRIZZONE, J. A. Níveis de irrigação por gotejamento. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998, p.1-3.
- ARAÚJO, J. A. C. de. **Análise do comportamento de uma população de café Icatu (H-4782-7) sob condições de irrigação por gotejamento e quebra-vento artificial.** 1982. 87 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.
- ASSAD, E. D; PINTO, H. S; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.
- ASSUNÇÃO, W. L. **Climatologia irrigada no município de Araguari-MG.** 2002. 266 p. Tese (Doutorado em Geografia)-Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2002.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola.** 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6. ed. Viçosa: UFV, 1995. p. 531-589.
- BONOMO, R.; MANTOVANI, E. C; SOUZA, L. O. de C. de; SOARES, A. A. Uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação pressurizados utilizados na cafeicultura irrigada em áreas de cerrado de minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1., 1998, Araguari, MG. **Palestras e resumos...** Uberlândia: UFU/DEAGRO: 1998. p. 79-93.
- CAMARGO, A. P. de. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 53-90.
- CAMARGO, A. P. de. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 831-839, 1985.

CAMARGO, A. P. de. Prescrição de regas para cafezal em áreas de seca prolongada de inverno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15., 1989, Maringá. **Resumos...** Maringá: 1989. p. 65-70.

CAMARGO, A. P. de; PEREIRA, A. R. **Agrometeorology of the coffee crop.** Geneva: World Meteorological Organization, 1994. 91 p.

CARVALHO, H. de. P. **Irrigação, balanço hídrico climatológico e uso eficiente da água na cultura do café.** 2008. 173 p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

CARVALHO, G. R.; MENDES, A. N. G.; BARTHOLO, G. F.; AMARAL, M. A. Avaliação e seleção de progênies resultantes do cruzamento de cultivares de café Catuaí com Mundo Novo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 844-852, set./out. 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). Acompanhamento da Safra Brasileira de Café 2008, Terceira estimativa, setembro 2008. – Brasília, 2008. Disponível em : <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3_levantamento_2008.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2008.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FARIA, M. A. de; VILELLA, W. M. da C.; SILVA, M. de L. O.; GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, E. L. da; OLIVEIRA, L. A. M.; SILVA, A. L. da. Influência das lâminas de irrigação e da fertirrigação na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica L.*) - 2ª colheita. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4., 2001, Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2001. p.11-14.

FARIA, R. T. de; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 583-590, 2005.

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**, Campina Grande, v. 4, p. 376-381, 2000.

GERVÁSIO, E. S. **Efeito de diferentes lâminas de água no desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica L.*) na fase inicial de formação da lavoura.** 1998. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

GERVÁSIO, E. S.; ANDRADE NETO, A. de; FERREIRA, M. A.; PEZZO, A. M.; FARIA, M. A. de; ROQUE, M. W. Manejo da irrigação do cafeeiro na região sul de Minas: **perspectivas e viabilidades:** relatório final BIOEX-CNPq, 1999. 71p.

GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. de P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no Sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, p.564-570, 2007.

GOMIDE, R. L.; Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Simpósios...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 133-238.

GRISI, F. A. **Relações hídricas, bioquímicas e anatômicas de mudas de café (*Coffea arabica* L.) ‘Catuaí’ e ‘Siriema’ submetidas a déficit hídrico.** 2006. 59 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, E. L. da.; GARCIA, P. R.; COSTA, H. de S. C.; SILVA, A. L. da; FARIA, M. A. de; SILVA, M. de L. O. e. Crescimento do Cafeeiro (*Coffea Arabica* L.) sob Diferentes Lâminas de Irrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, V., 2002, Araguari, MG. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002. p. 20-23.

KARASAWA, S. **Crescimento e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Topázio MG-1190) sob diferentes manejos de irrigação localizada.** 2001. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

KARASAWA, S.; FARIA, M. A. de; GUIMARÃES, R. J. Resposta do cafeeiro cv. Topázio MG-1190 submetido a diferentes épocas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, p.28-34, 2002.

LEITE, R. A. **Mucilagem residual e qualidade da bebida do café cereja descascado.** 2002. 107 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MAIA, R. M. B. **Disponibilidade de água no solo para a cultura do café no Planalto da Conquista - BA: análise dos componentes do balanço hídrico.** 2004. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)-Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2004.

MANTOVANI, E. C. A irrigação do cafeeiro. In: _____, **Irrigação & tecnologia moderna.** Brasília: ABID, 2000, v. 48, p. 45-49.

MARTINS, C. C.; SOARES, A. A.; BUSATO, C.; REIS, E. F. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* l.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 61-69, Apr./Jun. 2007.

MARTINS, C. de P.; GOMES, N. M.; VILELA, L. A. A. Avaliação da produtividade, rendimento, maturação e tamanho dos grãos das duas primeiras safras de café irrigado por pivô central, sob diferentes regimes de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 28, 2002, Caxambú, MG. **Resumos...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 153-155.

- MATTIELO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320 p.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de Café no Brasil: novo manual de recomendações**. 5.ed. Rio de Janeiro: MAPA; SARC; PROCAFÉ-SPAÉ; DECAF; FUNDAÇÃO PROCAFÉ, 2005. 438 p.
- MENDES, A. N. G. **Avaliação de metodologias empregadas na seleção de progênies do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no estado de Minas Gerais**. 1994. 167 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994.
- MENDES, A. N. G. Cultivares com potencialidade para lavouras irrigadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO DA CAFEICULTURA NO CERRADO, 6., 2000, Uberlândia. **Palestras...** Editores: C. M. dos SANTOS; F. C. MENDONÇA; B. de MELO; R. E. F. TEODORO; V. L. M. dos SANTOS; Uberlândia, UFU, 2001. p. 125-135.
- MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation systems evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.
- MOREIRA, C. F. **Caracterização de sistemas de café orgânico sombreado e a pleno sol no sul de Minas Gerais**. 2003. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.
- NAZARENO, R. B. **Crescimento inicial da parte aérea do cafeeiro rubi influenciado por NPK e regime hídrico**. 2002. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2002.
- NETAFIM. **Cultivos: café**. Disponível em: <<http://www.netafim.com.br/1123/>>. Acesso em: 10 out. 2008.
- OLIVEIRA, L. A. M. **Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado em diferentes épocas do ano**. 2003. 54 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- OLIVEIRA, P. M.; SILVA, A. M. da; CASTRO NETO, P. Estimativa da Evapotranspiração e do Coeficiente de Cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Irriga** Botucatu, v. 8, n. 3, p. 273-282, set-dez, 2003. Disponível em: <http://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&lr=&cites=16507643140706082404>. Acesso em julho 2007.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 425 p.
- ROTONDANO, A. K. F. **Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes lâminas de irrigação**. 2004. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

- RUFINO, M. A.; LAMBERT, R. A.; CARVALHO, H. de P.; TEODORO, R. E. F.; MELO B. de. Lâminas de irrigação no crescimento vegetativo e produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. acaí cerrado – 1474). In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 18., 2008, São Mateus. **Anais...** São Mateus, 2008.
- SANTINATO, R. Avanços da tecnologia de irrigação na cultura do café. In: ENCONTRO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO DA CAFEICULTURA NO CERRADO, 6., 2000, Uberlândia. **Palestras...** Editores: C. M. dos SANTOS; F. C. MENDONÇA; B. de MELO; R. E. F. TEODORO; V. L. M. dos SANTOS; Uberlândia, UFU, 2001. p. 79-92.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. P.; DUARTE, A. P.; SEIXAS, L. Efeito da irrigação por “tripa” na formação e produção do cafeeiro na região do cerrado de Patos de Minas, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS. 28., 2002, Caxambu. **Trabalhos Apresentados...** Caxambu, 2002. p. 110 – 111.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café.** Campinas: Arbore, 1996. 146 p.
- SANTOS, C. M. dos.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C.; CAETANO, A. R.; DOMINGUES, E. P.; BRONZI, S. S. Diagnóstico da cafeicultura irrigada no cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1., 1998, Araguari. **Anais...** Araguari, 1998. p.120-144.
- SANTOS, M. L. **Espaçamentos para cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com e sem irrigação em região de cerrado.** 2005. 44 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.
- SILVA, A. C.; SILVA, A. M. da; COELHO, G.; REZENDE, F. C.; SATO, F. A. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro Catuaí, em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 21–25, 2008a.
- SILVA, A. L. da. **Estudo técnico e econômico do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.).** 2002. 67p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- SILVA, A. L. da.; FARIA, M. A.; REIS, R. P. Viabilidade do Sistema de Irrigação por Gotejamento na Cultura do Cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 6., 2003, Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2003. p. 25-29.
- SILVA, C. A. da. **Resposta do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) à lâminas de irrigação por gotejamento.** 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.
- SILVA, C. A. da; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 43, n. 3, p. 387-394, 2008b.

SILVA, E. L. da; MELO, L. Q. de; FARIA, M. A. de; CARVALHO, H. M. de; COLOMBO, A.; MORAIS, A. R. de; SCALCO, M. S. Influência de diferentes critérios de irrigação e densidade de plantio sobre o crescimento inicial do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 5., 2002, Araguari. **Anais...** Uberlândia, UFU, 2002. p. 150 - 155.

SILVA, O. M. da; LEITE, C. A. M. Competitividade e custos do café no Brasil e no exterior. In: ZABOLIM, L. **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa: UFV, 2000. p. 27-50.

SILVA, R. A. da. **Coefficientes de Cultura (Kc) e Crescimento Vegetativo do Cafeeiro 'Rubi' (*Coffea arabica*.L) Associados a Graus Dia de Desenvolvimento (2º Ano de Implantação)**. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

SNOECK, J. Essai d'irrigation du caféier Robusta. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 21, n. 2, p.111-128, avr.-juin 1977.

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

SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; RENA, A. B.; COELHO, M. B.; SOARES, A. A. Avaliação do efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação na produtividade do cafeeiro para a região do cerrado de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 7., 2005: Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2005. p. 50-53.

SOARES, R. S.; MANTOVANI, E. C.; RENA, A. B.; SOARES, A. A.; BONOMO, R. Estudo comparativo de fontes de nitrogênio e potássio empregados na fertirrigação do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA Café/Minasplan, 2000. v.2, p.852-855.

SOUZA, J. L. M. de. **Modelo para análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro**. 2001. 253 p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SOUZA, J. L. M.; FRIZZONE, J. A. Modelo aplicado ao planejamento da cafeicultura irrigada. III Análise de risco econômico da cafeicultura em dois sistemas de irrigação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 399-408, 2003.

TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de; CARVALHO, H. de P.; BENEDETTI, T. C.; SILVEIRA, D. L.; SALGADO, D. D. Influência de diferentes lâminas de irrigação nos parâmetros de crescimento do cafeeiro cultivado em região de cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 7., 2005, Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2005a. p. 84-88.

TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de; CARVALHO, H. de P.; FERREIRA NETO, J. G.; SANCHES, A. A.; RUFINO, M. de A. Influência dos manejos de irrigação com e sem repouso, na produção do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 7., 2005, Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2005b. p. 105-109.

TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de; CARVALHO, H. de P.; GUIRELLI, J. E.; BENEDETTI, T. C.; BUENO, M. R. Influência de diferentes lâminas de irrigação nos parâmetros de produção do cafeeiro cultivado em região de cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 7., 2005, Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2005c. p. 161-165.

VICENTE, M. R.; MANTOVANI, E. C.; FERNANDES, A. L. T.; SEDYAMA, G. C.; SANTINATO, R., FIGUEIREDO, E. M., ALVARENGA, M., MOREIRA, W. V. Avaliação de sistemas de irrigação por pivô central e gotejamento, utilizados na cafeicultura da região Oeste da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 7., 2005, Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2005. p.151-156.

VICENTE, M. R.; SOARES A. R.; MANTOVANI E. C.; FREITAS A. R. Efeito da irrigação e do posicionamento dos gotejadores (superficial e subsuperficial) na produtividade de cafeeiros na região do cerrado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DE CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2003. p. 124-125.

VILELA, L. A. A.; MARTINS, C. de P.; GOMES, N. M. Estudo de diferentes lâminas de irrigação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) desde a fase inicial de formação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27., 2002, Uberaba. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 403-405.

VILELLA, W. M. da C. **Diferentes lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação no crescimento, produtividade e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.).** 2001. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

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