



**ÉPOCAS DE IRRIGAÇÃO,  
PARCELAMENTOS DE ADUBAÇÃO E  
FERTIRRIGAÇÃO DO CAFEEIRO NO SUL  
DE MINAS GERAIS**

**GILBERTO COELHO**

**2001**

GILBERTO COELHO

**ÉPOCAS DE IRRIGAÇÃO, PARCELAMENTOS DE ADUBAÇÃO E  
FERTIRRIGAÇÃO DO CAFEEIRO NO SUL DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador  
Prof. Dr. Antônio Marciano da Silva

---

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2001

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Coelho, Gilberto

Épocas de irrigação, parcelamentos de adubação e fertirrigação do cafeeiro no  
Sul de Minas Gerais / Gilberto Coelho. -- Lavras : UFLA, 2001.  
54 p. : il.

Orientador: Antonio Marciano da Silva.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia

1. Irrigação. 2. Fertirrigação. 3. Café. 4. Produtividade. 5. Custo de produção.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.587  
-633.7387

**GILBERTO COELHO**

**ÉPOCAS DE IRRIGAÇÃO, PARCELAMENTOS DE ADUBAÇÃO E  
FERTIRRIGAÇÃO DO CAFEIEIRO NO SUL DE MINAS GERAIS**

**Dissertação apresentada à Universidade Federal  
de Lavras como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, área de concentração em Irrigação e  
Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".**

**Aprovada em 07 de Agosto de 2001**

**Prof. Dr. Manoel Alves de Faria**

**UFLA**

**Pesq. Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães**

**EPAMIG**

**Prof. Dr. Rubens José Guimarães**

**UFLA**



**Prof. Dr. Antônio Marciano da Silva**

**UFLA**

**(Orientador)**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL**

## LUZ DO SOL

Luz do sol,  
Que a folha traga e traduz  
Em verde novo, em folha, em graça,  
Em vida, em força e em luz.  
Céu azul,  
Que vem até a onde os pés tocam a terra  
E a terra expira e exala céus azuis.

Reza, reza o rio,  
Córrego pro rio,  
O rio pro mar.  
Reza a correnteza,  
Roça a beira,  
Doura a areia.

Marcha o homem sobre o chão,  
Leva no coração uma ferida acesa.  
Dono do sim e do não  
Diante da visão da infinita beleza  
Finda por ferir com a mão essa delicadeza,  
A coisa mais querida:  
A glória da vida.

(Caetano Veloso)

A Deus, por estar a todo instante ao meu lado.

ofereço.

Aos meus pais, Marílio e Luzia, meu irmão

William e minha noiva Gabriela,

dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e em especial ao Departamento de Engenharia, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao Professor Antônio Marciano da Silva, pela orientação e por sempre me ter ajudado a adquirir novos conhecimentos e ampliar horizontes;

Aos co-orientadores, Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães e Professor Manoel Alves de Faria, pela relevante colaboração na condução dos trabalhos.

Aos pesquisadores Patrícia A. Marques Silva e Edson Pereira Lima e aos bolsistas de iniciação científica Márcio Ronaldo Coelho, Fabrício Ribeiro de Castro, Guilherme Silva Coelho e, mais recentemente, Renato Azevedo Freitas, pela enorme contribuição para a realização desta dissertação.

Aos Professores, Daniel Furtado Ferreira (DEX) e José Carlos dos Santos Jesus (DAE), pela ajuda prestada e ao professor Rubens José Guimarães, pela participação na banca examinadora.

Aos professores do setor de Engenharia de Água e Solo, pelos ensinamentos transmitidos e aos funcionários deste mesmo setor, Lindemberg Naves da Silva, Fátima Conceição Rezende, José Luis Moraes Rodrigues, Oswaldo Francisco de Carvalho (Nenê) e Maria Catarina Furtado, pelo apoio prestado.

Aos amigos e colegas de mestrado, Edson, Leandro, Ricardo e Rui, pelos trabalhos realizados em grupo e aos demais colegas do mestrado, pela amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D-café, por financiar a execução deste experimento.

## BIOGRAFIA

Gilberto Coelho nasceu em Lavras em 3 de novembro de 1974, sendo filho de Marilio Geraldo Coelho e de Luzia Aparecida Coelho. Coursou o ensino básico na então Escola Estadual Nossa Senhora de Lourdes e na Escola Estadual Dora Matarazzo, onde terminou o ensino médio em 1992. Ingressou no curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras – UFLA em agosto de 1994. Foi bolsista de iniciação científica (PIBIC) do Departamento de Engenharia, de 1996 a 1999. Graduou-se em setembro 1999, recebendo, na ocasião uma homenagem por apresentar o melhor rendimento entre os formandos de seu curso. No mesmo mês de sua graduação iniciou o mestrado, também em Engenharia Agrícola.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Sensibilidade do cafeeiro ao déficit hídrico.....	3
2.2 Manejo da irrigação.....	5
2.3 Irrigação por gotejamento.....	7
2.4 Custos de produção.....	8
2.4.1 Custos de irrigação.....	9
2.5 Resultados experimentais obtidos com a irrigação do cafeeiro.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Caracterização da área experimental e da cultura.....	15
3.2 Características físicas do solo da área experimental.....	15
3.3 Delineamento experimental.....	17
3.4 Sistema de irrigação e manejo do experimento.....	18
3.5 Análise econômica.....	21
3.6 Parâmetros avaliados.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 Safra 1997–1998.....	23
4.1.1 Clima e irrigação.....	23
4.1.2 Produtividade.....	25
4.2 Safra 1998–1999.....	29
4.2.1 Clima e irrigação.....	29
4.2.2 Produtividade.....	31
4.3 Safra 1999–2000.....	33
4.3.1 Clima e irrigação.....	33
4.3.2 Produtividade.....	35
4.4 Análise conjunta.....	39
4.4.1 Produtividade.....	39
4.5 Análise econômica.....	43
5 CONCLUSÕES.....	49
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50



## RESUMO

COELHO, Gilberto. Épocas de irrigação, parcelamentos de adubação e fertirrigação do cafeeiro no Sul de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 2001. 54p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem)\*

Em uma cultura de cafeeiro (cv. catuaí – IAC 44), avaliou-se o efeito de diferentes parcelamentos de adubação e de épocas de irrigação sobre a produtividade e seu custo de produção. O experimento, implantado na fazenda Muquem cujo o proprietário é a Fundação de Apoio ao Ensino e Pesquisa (FAEPE/UFLA), foi conduzido por três safras consecutivas e foi composto por três blocos, constituídos de quatro parcelas (P4 = 36; P3 = 24; P2 = 12, parcelamentos da adubação via fertirrigação e P1 = 12 parcelamentos manual), subdivididas em quatro subparcelas na primeira safra e cinco subparcelas nas demais, representando três épocas de irrigação (A - de 01/06 a 30/09; B - de 15/07 a 30/09, C - de 01/09 a 30/09) e duas subparcelas sem irrigação D e E, sendo ambas adubadas em quatro parcelamentos manuais (D com adubo de fertirrigação e E com adubo convencional). Os resultados de produtividade foram analisados separadamente e em conjunto, com a finalidade de identificar o efeito da irrigação sobre o ciclo bienal da cultura. Promoveu-se também uma análise econômica do custo de produção das três safras. Feita a análise de variância verificou-se que, houve efeito de épocas de irrigação nas três safras, parcelamento de adubação não mostrou efeito significativo. A interação entre épocas de irrigação e parcelamentos de adubação foi significativa nas safras 1997/98 e 1999/2000. O teste de comparação de médias mostrou que a Subparcela A apresentou a melhor média de produtividade (74,9 sc/ha), propiciando a maior produtividade nas safras 1997/98 e 1999/2000 (67,73 sacas/ha e 105,13 sacas/ha, respectivamente), como também o menor custo de produção R\$91,10/saca obtido na safra 1997/98. A irrigação não eliminou o ciclo bienal do cafeeiro, mas concorreu para uma redução na amplitude de variação da produtividade entre safras consecutivas.

---

\* Comitê Orientador: Antônio Marciano da Silva – UFLA (Orientador), Paulo Tácito Gontijo Guimarães – EPAMIG, Manoel Alves de Faria - UFLA.

## ABSTRACT

COELHO, Gilberto. Irrigation periods, number of fertilizer applications and fertigation on coffee plants in the South of Minas Gerais. Lavras: UFLA, 2001. 54p. (Dissertation - Master program in Agricultural Engineering - Irrigation and Drainage)\*

The effect of different fertilizer application numbers and different irrigation periods on coffee yield and production cost was evaluated. The experiment was conducted during three consecutive cropping seasons at the Farm Muquem, owned by the Fundação de Apoio ao Ensino e Pesquisa (FAEPE/UFLA). Three replications of four different fertilization treatments and four irrigation periods were used. Fertilization treatments were three different numbers (P4 = 36; P3 = 24; P2 = 12 applications) of fertigation applications and hand application (P1 = 12 applications) of the same fertilizer recommended for fertigation. Irrigation periods were A = from June 1<sup>st</sup> to September 30<sup>th</sup>, B = July 15<sup>th</sup> to September 30<sup>th</sup>; C = from September 1<sup>st</sup> to September 30<sup>th</sup>, and D no irrigation. At the second year a treatment (E) with no irrigation and 12 hand applications of conventional fertilizer was added to the study. With the purpose of identifying irrigation effect on the biennial coffee cycle, coffee yield values were analyzed separately and together. During three cropping seasons an economical analysis of coffee production cost was also carried out. Analysis of variance showed that the results of the three cropping seasons studied were affected by irrigation period while there was no significant response from fertilizer treatments. Interactions between irrigation periods and number of fertilizer applications were significant only for the 1997/1998 and 1999/2000 cropping season. Means analysis showed that treatment A provides the best average yield (74.9 60kg bags/ha), the highest yield during the 1997/1998 and 1999/2000 cropping seasons (67.7 and 105.13 60 kg bags/ha) and the lowest production cost (R\$ 91.10 per 60kg bag) that was obtained during the 1997/1998 cropping season. Irrigation did not eliminate the biennial coffee cycle but the yield variation between consecutive crop seasons was reduced.

---

\* Guiding committee: Antônio Marciano da Silva - UFLA (Major Professor), Paulo Tácito Gontijo Guimarães - EPAMIG and Manoel Alves de Faria - UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café sendo responsável por cerca de 25% da produção mundial e cerca de 17% exportações mundiais. Além disso, é o segundo mercado consumidor, depois dos Estados Unidos da América. (Anuário..., 2001).

As áreas produtoras de café no Brasil estão distribuídas principalmente na região centro-sul, nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Paraná. O Sul de Minas Gerais, além de produzir 25% do café brasileiro é caracterizado pela produção de cafés de excelente qualidade, devido às suas condições de clima e solo favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

Os produtores têm adotado novas tecnologias de condução e manejo da lavoura, como o adensamento, a mecanização, inclusive da colheita, e a irrigação/fertirrigação, a fim de aumentar a produtividade e, conseqüentemente, a margem de lucro.

A irrigação do cafeeiro surgiu com o avanço desta cultura para as regiões consideradas marginais ao seu cultivo quanto às suas necessidades hídricas, como, por exemplo, as regiões do cerrado mineiro e o oeste baiano. Nestas regiões, a cafeicultura só é viável quando irrigada e, dessa maneira, vale ressaltar, tem-se alcançado elevadas produtividades, com um produto de alta qualidade.

Segundo Santinato, Fernandes e Fernandes (1996), sem a prática da irrigação, nas áreas aonde o déficit hídrico chega a comprometer a produção, o país deixaria de produzir de 2 a 2,5 milhões de sacas beneficiadas por ano.

A utilização da fertirrigação oferece inúmeras vantagens em comparação com o método convencional de aplicação de fertilizantes. Entre elas, pode-se destacar a não compactação do solo e o fim de injúrias mecânicas nas plantas,

causadas pela entrada de equipamentos pesados nas áreas de cultivos para promover a adubação pelos métodos tradicionais; menor quantidade de equipamento exigido e menor gasto de energia; a dosagem de nutrientes pode ser mais cuidadosamente regulada, monitorada, distribuída e parcelada no perfil do solo, conforme as necessidades da cultura ao longo de seu ciclo fenológico.

A irrigação do cafeeiro tem proporcionado um avanço tecnológico considerável nos últimos 8 a 10 anos. Estima-se que a cafeicultura irrigada por diferentes sistemas atinja cerca de 100 mil hectares, entre lavouras já instaladas em regiões tradicionais, como os cerrados e nas novas fronteiras, como Goiás, Mato Grosso e Bahia. Quanto aos sistemas utilizados, verificou-se evolução, partindo dos sistemas de irrigação por superfície (sulcos), em 1946, para a aspersão convencional, seguido pelo canhão e o autopropelido e, finalmente, tubos perfurados a laser (ou mangueira plástica perfurada, MPP), o pivô central e o gotejamento (Santinato, 2001).

Alguns questionamentos, que não foram ainda devidamente esclarecidos, dizem respeito à interação entre a irrigação e o período em que os pesquisadores dizem que a cultura deve sofrer um déficit hídrico para a uniformização de florada, além do comportamento bienal da cultura quanto à sua produtividade.

Com base nas considerações anteriores, procurou-se avaliar os efeitos de diferentes épocas da irrigação e de parcelamentos da adubação na produtividade da cultura do cafeeiro catuaí, em três safras (97/98, 98/99 e 99/2000), o comportamento da cultura (por meio de uma análise conjunta das safras acima mencionadas) e a viabilidade técnica e econômica da irrigação e da fertirrigação para as condições do Sul de Minas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Sensibilidade do cafeeiro ao déficit hídrico

Quando o solo tem capacidade de reter boa reserva de água na zona radicular, o cafeeiro vegeta e produz satisfatoriamente até um limite de 200 mm de déficit hídrico (IBC, 1981). O cafeeiro é uma planta bastante tolerante quanto à distribuição e quantidade de chuvas. Alégre (1959) sugere que a precipitação anual ótima está entre 1200 e 1800 mm. Há indicações de que o cafeeiro pode suportar bem um período com deficiência hídrica de até 150 mm, especialmente quando esta não se estende até a fase de floração (IBC, 1981 e Haarer, 1962).

Conforme Gopal (1974), a deficiência hídrica no solo tem reflexos negativos sobre o sistema radicular, particularmente sobre as raízes absorventes, limitando a absorção de água e nutrientes, o crescimento da parte aérea e a produção da planta. Dessa forma, mesmo em condições consideradas favoráveis ao cafeeiro, a planta poderá sofrer danos no seu crescimento e/ou produção, com a ocorrência de veranicos durante a estação chuvosa.

De acordo com Camargo (1989), a interação entre a fenologia de frutificação do cafeeiro e o efeito do déficit hídrico no cafeeiro arábica no hemisfério sul, em latitudes superiores a 4°, pode ser caracterizada da seguinte forma: a granação (fase crítica) vai de janeiro a março; maturação e "gemação" (fase crítica), de abril a junho; dormência (fase não crítica), de julho a setembro; frutificação e expansão (fase crítica), em outubro, novembro e dezembro. Segundo o mesmo autor, a ocorrência de estiagens ocasionais e déficits hídricos acentuados na fase de frutificação ou expansão, afeta o crescimento dos grãos; se ocorrerem na fase de granação, quando os frutos estão se solidificando internamente, eles poderão ficar chochos ou mal granados.

De acordo com Matiello et al. (1995), na fase de colheita e “repouso”, a exigência hídrica do cafeeiro é pequena e o solo pode ficar mais seco (até quase ao ponto de murchar), sem grandes prejuízos para a planta. Uma deficiência hídrica nesse período chega mesmo a estimular o “abotoamento” do cafeeiro, conduzindo, ainda, a uma florada mais uniforme, quando no reinício das chuvas. Conforme o mesmo autor, as regiões mais secas e frias, no período de colheita, produzem café de melhor qualidade (bebida dura para melhor), como ocorre no Sul de Minas Gerais.

Rena e Maestri (1987) observaram que o tamanho final do fruto no estágio de “cereja” depende acentuadamente da quantidade de chuva caída de 10 a 17 semanas após o florescimento, período que corresponde à fase de expansão rápida do fruto. A expansão celular, que delimita o tamanho da semente e que caracteriza essa fase, é sensível ao déficit hídrico.

Estudos de balanços hídricos nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil e do mundo indicam que o cafeeiro arábica suporta até 150 mm/ano de déficit hídrico, especialmente se este período não se prolongar até o mês de setembro e se as condições de solo (textura e profundidade) forem adequadas (solos argilosos e profundos). Da mesma forma, para o cafeeiro robusta, a deficiência hídrica não deve exceder a 200 mm/ano (Santinato, Fernandes e Fernandes, 1996).

Matiello et al. (1995) observaram no sul de Minas Gerais e no estado do Rio de Janeiro, no período de 94/95, em cafeeiros arábica e canephora, o abortamento dos botões florais antes de sua abertura. Chuvas insuficientes, de 3 a 8 mm, provocaram o crescimento inicial desses botões, que, no entanto, não chegaram a abrir e secaram.

Segundo Freire e Miguel (1984) em Varginha (MG), no ano de 1984, os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram-se baixas precipitações pluviais e temperaturas médias elevadas. Constataram os autores a incidência de

frutos chochos, que variaram de 25 a 40%, enquanto que, em anos de chuvas normais, este índice ficou em torno de 10%.

Na região de Lavras, Peron e Castro Neto, citados por Castro Neto e Vilela (1986), verificaram que os veranicos ocorrem com grande frequência na segunda quinzena de outubro e primeira quinzena de novembro. Afirmaram ainda ocorrer anualmente em média, um veranico com duração igual ou maior que doze dias. É comum também a ocorrência de veranicos com duração de dez dias ou mais nos meses de janeiro e fevereiro, conforme ocorrido em janeiro de 1996. Para a mesma região, Silva (1992) demonstrou que para períodos de 10 dias e probabilidade de 75%, a precipitação provável entre os meses de abril a outubro é baixa (sendo nula no período compreendido entre o 2º decêndio de abril e 2º decêndio de setembro) indicando a necessidade de irrigação para suprir a demanda da cultura.

## **2.2 Manejo da irrigação**

O limite de produção de uma cultura é determinado pelas condições climáticas e seu potencial genético. Até que ponto pode-se alcançar esse limite dependerá sempre da precisão com que os aspectos de engenharia de suprimento de água estiverem em consonância com as necessidades biológicas da cultura. Portanto, a utilização eficiente da água para um ótimo crescimento e altos rendimentos das culturas só poderá ser alcançada quando o planejamento, o projeto e a operação de suprimento de água e do sistema de distribuição estiverem orientados com o propósito de atender, em quantidade e tempo requeridos, incluindo os períodos de escassez, às suas necessidades hídricas (Doorenbos e Kassam, 1994).

A utilização da irrigação na agricultura brasileira, de maneira geral, vem ocorrendo sem um monitoramento criterioso do teor de água no solo. A ausência de um manejo adequado da água utilizada na irrigação contribui para o seu desperdício (Junqueira, Oliveira e Valadão, 1998).

Gomide (1998) ressalta que um sistema de monitoramento e controle baseado em medições, em tempo real, de parâmetros ligados ao contínuo solo-planta-atmosfera pode e deve ser usado. Ele determina a necessidade hídrica das culturas e estabelece estratégias de manejo de irrigação, visando à otimização e racionalização da utilização de água e energia com melhoria de produtividade. Um método que é bastante utilizado no manejo da irrigação para determinar a  $ET_c$  (evapotranspiração da cultura), partindo da  $ET_o$  (evapotranspiração de referência) e dos coeficientes de cultura ( $K_c$ ) é o do tanque Classe "A", que é recomendado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 1985).

Dentre os fatores que favorecem o uso do tanque Classe "A" no manejo de sistemas de irrigação estão, o seu custo relativamente baixo, a possibilidade de instalação próximo à cultura a ser irrigada, a facilidade de operação e a boa estimativa da demanda hídrica das culturas.

Outro método de manejo relativamente simples, que tem encontrado uma certa aceitação é o tensiômetro. Segundo Junqueira, Oliveira e Valadão (1998), este já é bastante difundido na área técnica. Para esses autores, o monitoramento da umidade do solo na profundidade desejada através do monitoramento da tensão de água no solo por tensiômetros, contribui para uma melhoria no manejo das irrigações, um aumento da produtividade das culturas e permite o uso racional de água, energia e fertilizantes.

Snoeck (1977) afirma que o uso de tensiômetros permite uma economia de água bastante apreciável, com resultados que certificam que as doses aplicadas com base neste sistema de manejo foram suficientes. Constatações



semelhantes foram obtidas com o uso o tanque Classe "A", porém, este último apresentando exigência de um ritmo de regas maior.

### **2.3 Irrigação por gotejamento**

A irrigação por gotejamento é um método que vem despertando grande interesse em todo mundo. Vários trabalhos experimentais e observações de campo mostram que este sistema permite um bom controle e economia da água aplicada. Em diversas condições, tem proporcionado produções superiores às obtidas pelos outros métodos (Olitta, 1981).

De acordo com Bernardo (1989), a irrigação localizada não deve ser considerada somente como uma nova técnica para suprir de água as culturas. Ela deve ser parte integrante de um conjunto de técnicas agrícolas no cultivo de determinadas plantas, de modo que se obtenham resultados significativos na produtividade e por água consumida, bem como na época da colheita e na qualidade do produto. A aplicação de água ao solo, na irrigação por gotejamento, é sob a forma de "ponto fonte", ficando a superfície do solo com uma área molhada com forma circular e o volume de solo molhado com forma de um bulbo. Quando os pontos de gotejamento são próximos uns dos outros, forma-se uma faixa contínua. Sendo assim, somente uma pequena porção da superfície do solo será molhada, reduzindo a evaporação. A irrigação localizada é usada, em geral, sob a forma de sistema fixo, ou seja, um sistema constituído de tantas linhas laterais quantas forem necessárias, para suprir toda área. Assim, seu custo torna-se mais elevado, limitando seu uso a culturas com alta capacidade de retorno.

Nos locais onde se tem implantado a irrigação localizada ocorre uma verdadeira revolução agrícola. Isto porque 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 de uma opção que traz consigo uma nova forma de cultivo. Além disso, tem valorizado grandes extensões de terrenos marginais (arenosos, acidentados, pouco profundos, etc.) ou improdutivos na forma de sequeiro e que apresentavam dificuldades na utilização da irrigação por sistemas convencionais (Pizarro Cabello, 1996).

Araújo (1982) afirma que, em nosso país, a introdução do método de irrigação por gotejamento, como fonte suplementar de dotação hídrica, tem apresentado características altamente favoráveis, tais como: o aproveitamento de pequenos mananciais hídricos, maior eficiência operacional, economia de água pela disponibilidade direta à planta e, quando comparado a outros métodos de irrigação, oferece, ainda, a vantagem de proporcionar um menor custo de mão-de-obra.

Vários sistemas de irrigação podem ser usados em cafezais, destacando-se a irrigação por gotejamento, a aspersão convencional, o autopropelido e o pivô central. Há ainda aqueles sistemas simplificados, com mangueiras simples ou perfuradas, destacando que a uniformidade de aplicação de água influencia diretamente a produtividade da cultura e a energia gasta no bombeamento da água (Bonomo et al., 1998).

## **2.4 Custos de produção**

Quando se estima o custo de produção, deve-se fazer referência quanto ao prazo, para efeito de planejamento, indicando o horizonte de tempo em que a empresa pretende trabalhar. No curto prazo, os recursos produtivos e suas despesas são classificados em fixos e variáveis. Neste caso, o curto prazo está relacionado a uma safra de café.

Os custos fixos são aqueles correspondentes aos recursos com duração superior a aqueles de curto prazo. Daí sua renovação se dar a longo prazo,

fazendo-o em tantos ciclos produtivos quanto permitir sua vida útil. Em geral, enquadram-se nesta categoria, terras, benfeitorias, máquinas, equipamentos, impostos, taxas fixas, calagem, lavouras, obras de irrigação e drenagem, etc.

Os custos variáveis referem-se aos recursos que têm duração inferior ou igual ao curto prazo, sendo sua composição feita a cada ciclo do processo produtivo. Em geral são os custos dos fertilizantes, defensivos, combustíveis, manutenção, mão-de-obra, serviços de máquinas e equipamentos, entre outros.

Os custos fixos e os variáveis são ainda decompostos em custos operacionais e alternativos (ou de oportunidade). Os operacionais constituem os valores correspondentes às depreciações e aos insumos empregados, equivalentes ao prazo de análise. Os alternativos correspondem à remuneração que esses recursos teriam se fossem empregados na melhor das demais alternativas econômicas possíveis. Os custos totais constituem-se na soma dos custos fixos e variáveis. Dos custos totais, obtêm-se os custos médios ou unitários, que representam o custo de uma unidade do produto (Departamento..., 2000).

#### **2.4.1 Custos de irrigação**

De acordo com Thompson, Spiess e Krider (1983), no estabelecimento dos custos anuais de irrigação deve-se incluir todos os custos associados com a compra do equipamento, operação e manutenção do sistema de irrigação. Adicionalmente ao custo do sistema de irrigação, deve-se acrescentar outros custos, associados com a produção da cultura irrigada. Desse modo, o custo anual de um empreendimento irrigado pode ser determinado com base na seguinte lista de itens:

1. custo da água, o qual pode incluir os custos de obtenção dos direitos e permissão do uso de água, ou a tarifa anual de distribuição de água de um distrito de irrigação;
2. custo fixo ou anual de compra ou aluguel do sistema de irrigação, que vai incluir o custo da depreciação do investimento em todas as oportunidades e em todos os interesses do investimento;
3. custo com energia para a operação do sistema;
4. custo de reparo, operação e manutenção do sistema, incluindo a mão-de-obra;
5. taxas e seguros;
6. outros custos com a cultura irrigada e custos de produção da empresa agrícola.

A depreciação dos componentes de um sistema de irrigação é baseada em uma esperada vida útil do equipamento. A variabilidade da vida útil esperada de um componente pode decorrer das diferenças de condições físicas de operação, do nível de reparo, operação e manutenção praticada e do número total de horas em que o sistema é usado a cada ano (Thompson, Spiess e Krider, 1983). De acordo com Francisco (1981), vários são os métodos utilizados para cálculo da depreciação. Os principais são: (a) método linear; (b) método da taxa constante; (c) método da taxa variável; (d) método da cole; (e) método da capitalização e (f) método das anuidades. A escolha de um ou outro método depende do bem que se está depreciando, além de outros fatores.

Dentre os custos de operação de um sistema de irrigação, um dos componentes principais é aquele devido ao consumo de energia. A quantidade total de energia requerida por unidade de área irrigada depende da quantidade de água aplicada, da energia piezométrica para fornecer a quantidade de água requerida na área a ser irrigada (pressão de serviço + perdas de carga + altura geométrica) e da eficiência total do sistema de bombeamento.

Basicamente, o consumo de energia que entra diretamente nos custos de operação de um sistema de irrigação é aquele utilizado na condução da água à área a ser irrigada, a energia para a adequação da qualidade da água e a energia para a distribuição de água na área de irrigação.

Quanto à fonte de energia para a irrigação, em geral, os trabalhos mostram maior custo para sistemas com motor diesel, em relação aos motores elétricos (Brito e Scaloppi, 1986). Frizzone, Botrel e Freitas (1994), comparando o emprego da eletricidade e do diesel em sistemas de irrigação por pivô central, observaram que aquele que utiliza motor a diesel apresentou um custo energético sempre maior do que aquele a energia elétrica. A diferença de valores cresce com o aumento da lâmina aplicada e, conseqüentemente, com o número de horas de irrigação.

Os custos anuais com manutenção e reparos correspondem aos gastos para manter o sistema de irrigação em condições adequadas de uso. Estes custos são muito variáveis, por causa das condições locais de uso, sendo, por isso, de difícil estimativa. Por estas razões, é usual estimá-los como um percentual do investimento inicial no equipamento de irrigação (Thompson, Spiess e Krider, 1983).

O requerimento de mão-de-obra para a irrigação e o seu custo, é influenciado, segundo Thompson, Spiess e Krider (1983), pelas características e pelo grau de automação do sistema usado, pela cultura irrigada, pela quantidade de água aplicada por irrigação e pelo número de irrigações realizadas.

## **2.5 Resultados experimentais obtidos com a irrigação do cafeeiro**

Medcalf et al. (1956), em um trabalho realizado em Matão-SP, com cafeeiros com 30 anos de idade cultivados em um solo de textura média, verificaram que a irrigação aumentou a produção em aproximadamente 50% em

três safras (1953 a 1955). Na safra de 1955, ano em que as chuvas foram escassas, o aumento da produção chegou a 126%.

Grohmann, Camargo e Dessimoni (1983), avaliando o consumo de água pelo cafeeiro em diferentes fases fenológicas, observaram que o cafeeiro com 3 a 4 anos de idade utilizou, na fase de granação (janeiro a março), 84% da água disponível do solo e 82% na fase de chumbinho (outubro a janeiro). Nas fases de maturação e florescimento/abotoamento, o consumo caiu para 46% e 52%, respectivamente.

Reis, Miguel e Oliveira (1990) conduziram um ensaio em Caratinga - MG, com cafeeiros da cultivar catuaí com 6 anos de idade. O critério de irrigação adotado foi a reposição ao solo, no final de cada mês (de setembro a abril), da água consumida pela evapotranspiração real, no período de 30 dias anteriores deduzida da chuva recebida no mesmo período. A água de irrigação foi colocada na projeção da saia do cafeeiro. Verificou-se a ocorrência de déficit hídrico nos meses de setembro, outubro, fevereiro e março, para o ano agrícola 85/86 e setembro, outubro e fevereiro, no ano agrícola 86/87, em comparação com os dados de  $P - ET_p$  (Precipitação - Evapotranspiração potencial) da média de 15 anos obtida na região. Segundo os autores, tais fatos proporcionaram nos cafeeiros uma diminuição no vingamento da florada, na queda de frutos e no comprometimento da granação, resultando em prejuízos nas produções dos anos de 1986 e 1987. Constatou-se que a irrigação proporcionou incremento da produção da ordem de 28%.

A influência do déficit hídrico em diferentes épocas após o florescimento no desenvolvimento dos frutos do cafeeiro foi estudada por Miguel et al. (1976). Estes autores observaram que o período, no qual a falta de água foi mais crítica, compreende-se de 90 a 120 dias após o florescimento. Este período, em várias regiões cafeeiras do Brasil, geralmente coincide com os meses de janeiro e fevereiro, evidenciando-se a necessidade de irrigação suplementar,

principalmente, nas áreas com maior probabilidade de ocorrência de veranicos. Trabalhos realizados em diferentes regiões do país demonstraram que o déficit hídrico, no referido período, resultou em índices de chochamento de frutos da ordem de 46% em Caratinga-MG (Miguel et al., 1976); 25 a 40% em Varginha-MG (Freire e Miguel, 1984) e 45% em Campinas-SP (Camargo, 1984).

Trabalhos foram realizados pelo Instituto Agrônomo de Campinas, segundo Santinato, Fernandes e Fernandes (1996), nas estações experimentais de Ribeirão Preto, Campinas e Pindorama. Estas regiões têm déficit hídrico inferior a 100 mm/ano, semelhante ao sul de Minas Gerais e, portanto, consideradas sem a necessidade de irrigação. Concluíram os autores que a irrigação é compensatória somente em anos secos. Afirmaram, ainda, que nos anos subseqüentes ao período seco, os efeitos da irrigação foram maiores, apesar dos aumentos observados não apresentarem vantagens quanto à relação custo benefício, por ser esporádica a ocorrência de anos secos nesta região.

O Instituto Brasileiro de Café (IBC), também citado por Santinato, Fernandes e Fernandes (1996), cita em trabalhos experimentais realizados em regiões com déficit hídrico limitante ao cafeeiro arábica. Ficou demonstrado a importância da irrigação para viabilização técnico-econômica desta cultura, com aumentos médios de produtividade da ordem de 20 a 30 sacas de café beneficiado por hectare.

Alves (1999) concluiu que a irrigação do cafeeiro por gotejamento no município de Lavras é justificável. A irrigação garantiu um maior vigor à planta e eliminou os riscos advindos de secas ocasionais, elevando a produtividade do cafeeiro.

Ainda nesta região, Sorice (1999), irrigando por gotejamento com diferentes parcelamentos de adubação via água e épocas de início de irrigação, chegou à conclusão que houve efeito significativo, tanto do parcelamento da adubação, como da época de início de irrigação, que propiciaram aumentos da

ordem de 95% a 120%, quando comparados com a testemunha que produziu 24,6 sc/ha.

Fernandes et al. (2000), descreveram uma produtividade no ano agrícola 1997/98 igual a 45,7 sc/ha em trabalho conduzido com a variedade catuaí com 8 anos de idade, na região de Bonfinópolis-MG e irrigando, o ano todo, com gotejadores autocompensantes da marca Katif, com vazão de 4 L/h.

Antunes et al. (2000), nos anos agrícolas 1998/99 e 1999/2000, usaram tubogotejador labirinto, da marca Queen Gil, com vazão média de 1 L/h e emissores espaçados de 30 cm. Irrigando durante o ano todo e fertirrigando a variedade catuaí (espaçadas de 2,5 x 1,0 m) com 8 anos, no município de Rio Preto-MG, região do Campo das Vertentes, obteve os seguintes resultados: 43,37 sc/ha e 78,1 sc/ha para os anos agrícolas 1998/99 e 1999/2000, respectivamente.

Faria (2001), trabalhando na região de Lavras-MG (safra 1999/2000), com a cultivar acaiaí (plantada no espaçamento de 3,0 x 0,6 m) e irrigando o ano todo, alcançou uma produtividade de 84,95 sc/ha. Já Soares et al. (2001), em trabalho desenvolvido em Viçosa, na Zona da Mata do estado de Minas Gerais, com a variedade catuaí (safra 99/00) de 8 anos de idade e plantada no espaçamento de 3,0 x 1,0 m, irrigando e fertirrigando com Hidran-plus na fórmula 19-04-19 e 9 aplicações anuais, conseguiram uma produtividade igual a 88,0 sc/ha. Em relação ao ciclo bienal do cafeeiro, Weill et al. (2000) afirmaram que as produtividades de café apresentaram acentuado ciclo bienal, para trabalhos conduzidos com a variedade mundo novo, no período de 1972 a 1976.

Embora existam vários estudos relacionados à adoção da irrigação para a cafeicultura, há também, de forma clara, muita controvérsia sobre seus efetivos efeitos, particularmente para as chamadas regiões aptas quanto ao regime hídrico. Portanto, há espaços relevantes para a condução de trabalhos com este escopo.



### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da área experimental e da cultura**

O experimento foi conduzido a partir de 1997, numa lavoura da cultivar catuaí IAC44, atualmente com 15 anos de idade, espaçamento de 3,5 m x 0,8 m ocupando uma área útil de 2.240 m<sup>2</sup>, na Fazenda Muquem de propriedade da FAEPE/UFLA, localiza-se em Lavras- MG, a uma altitude de 910 metros, latitude sul de 21° 14' e longitude oeste de 45°00'.

Os valores médios anuais normais para temperatura, precipitação e umidade relativa são 19,4°C, 1529,7 mm e 76,2% respectivamente (Brasil, 1992).

O clima da região é caracterizado de transição entre Cwa e Cwb, variando de subtropical a temperado, com chuvas predominantes no verão e tendo o inverno considerado como seco. Segundo Castro Neto (1986) a estação chuvosa se estende de outubro a março e a estação seca vai de abril a setembro.

#### **3.2 Características físicas do solo da área experimental**

A característica granulométrica e a massa específica do solo da área experimental (Latosolo Vermelho) foram determinadas por meio de análises realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Granulometria e massa específica do Latossolo Vermelho da área experimental. UFLA – Lavras, MG.

Camada (cm)	Granulometria (%)			Classe textural	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
	Areia	Silte	Argila		
0-20	43	19	38	Franco Argiloso	1,08
20-40	40	13	47	Argiloso	1,17
40-60	31	9	55	Argiloso	1,20

Os parâmetros de ajuste da Equação 1, de retenção de água do solo, pelo modelo de van Genuchten e as umidades correspondentes à capacidade de campo e ao ponto de murcha permanente para as camadas de 0 a 20 e 20 a 40cm. estão apresentadas na Tabela 2.

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + (\alpha \times \phi_m)^n)^m} \quad (1)$$

em que:

$\theta$  = umidade do solo, cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>;

$\theta_r$  = umidade residual do solo, cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>;

$\theta_s$  = umidade de saturação do solo, cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>;

$\phi_m$  = potencial mátrico da água no solo, Pa;

$\alpha$ , n e m = parâmetros de ajuste da equação.

TABELA 2. Parâmetros da equação de retenção de água no solo pelo modelo de van Genuchten e, umidades volumétricas correspondentes à capacidade de campo e ao ponto de murcha permanente para o solo experimental. UFLA – Lavras, MG.

Camadas	$\theta_r$	$\theta_s$	$\alpha$	n	m	R <sup>2</sup>	$\theta_{cc}$	$\theta_{pmp}$
0 - 20	0,208	0,793	0,1233	0,1166	5,9446	0,979	0,338	0,213
20 - 40	0,238	0,852	0,1007	0,1236	7,7301	0,986	0,329	0,234

### 3.3 Delineamento experimental

Para a safra 1997/98 a área experimental foi distribuída da seguinte forma, três blocos, cada um dividido em quatro parcelas casualizadas, as quais foram subdivididas em quatro subparcelas com oito plantas, sem casualização. Nas parcelas foram analisados os efeitos do número de parcelamentos de N, P e K aplicados manualmente e via água de irrigação (fertirrigação), sendo:

- parcela P1: adubação convencional (manual) com 12 parcelamentos;
- parcela P2: adubação via água de irrigação com 12 parcelamentos;
- parcela P3: adubação via água de irrigação com 24 parcelamentos;
- parcela P4: adubação via água de irrigação com 36 parcelamentos.

A aplicação de fertilizantes foi iniciada em outubro de 1997 e encerrada em março de 1998. Nas subparcelas avaliou-se o efeito das diferentes épocas de irrigação, sendo:

- subparcela A: irrigação realizada de 01/06 à 30/09;
- subparcela B: irrigação realizada de 16/07 à 30/09;
- subparcela C: irrigação realizada de 01/09 à 30/09;
- subparcela D: não irrigada e adubação manual parcelada em quatro vezes, utilizando a mesma fonte de nutrientes da fertirrigação.

Este arranjo resultou num delineamento experimental com blocos casualizados em esquema de faixas.

Após a safra 1997/98, surgiu a necessidade de se adicionar mais um tratamento, pois não se recomendaria a um produtor usar um adubo de fertirrigação, para fazer adubação convencional (manual). Dessa forma nas safras 1998/99 e 1999/2000, adicionou-se a subparcela E não irrigada e adubação manual parcelada de quatro vezes utilizando adubo convencional (testemunha).

### 3.4 Sistema de irrigação e manejo do experimento

O sistema de irrigação constou de tubogotejadores modelo QUEEN GIL, o qual apresenta uma vazão de 0,4 L/h por emissor uma pressão de 7 mca, tendo emissores espaçados de 10 cm entre si.

Os dados climáticos relativos ao período de estudo foram obtidos junto a estação climatológica instalada no Campus da UFLA.

Para iniciar a irrigação, determinou-se a umidade do solo até a profundidade de 40 cm, tomada como referência por concentrar maior parte das raízes do cafeeiro.

A lâmina de água aplicada durante o período que compreende os meses de junho a setembro foi definida em função da evapotranspiração acumulada no período entre as irrigações, que foram em número de três por semana. O cálculo da evapotranspiração foi feito com base na evaporação do tanque Classe “A”, considerando-se os coeficientes do tanque  $K_t$  e da cultura  $K_c$  e a precipitação que possa ter ocorrido no período, conforme a Equação 2.

$$V = (((\sum ECA) \times K_t \times K_c) - P) \times A \times F \quad (2)$$

em que:

V = volume de água a ser aplicado, em litros;

ECA = evaporação do tanque Classe “A” no período, em mm;

P = precipitação ocorrida no período, em mm;

$K_t$  = coeficiente do tanque (Tabela 3);

$K_c$  = coeficiente da cultura (Tabela 4,);

A = área útil entre plantas (3,5 m<sup>2</sup>);

F = fator de proporção de área molhada (0,5).

O tempo de irrigação (T) foi calculado pela Equação 3.

$$T = \frac{V}{q} \quad (3)$$

em que:

T = tempo necessário de irrigação, em h;

V = volume de água a ser aplicado, em L;

q = vazão do tubogotejador, 0,4 (L/h).

Entre os meses de outubro a março, embora seja o período em que ocorre maior emissão de ramos vegetativos, além de ocorrer o enchimento dos grãos, as irrigações se restringiram apenas às lâminas aplicadas durante a fertirrigação, e/ou uma aplicação de emergência. Isto porque, na região de Lavras as precipitações concentram-se neste período.

TABELA 3. Valores do coeficiente do tanque Classe "A".

		Tanque circundado por grama		
URmédia (%)		Baixa < 40	Média 40-70	Alta > 70
Vento (km/dia)	Posição do tq R (m) <sup>a</sup>			
Leve < 175	1	0,55	0,65	0,75
	10	0,65	0,75	0,85
	100	0,70	0,80	0,85
	1000	0,75	0,85	0,85
Moderado 175 - 425	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,60	0,70	0,75
	100	0,65	0,75	0,80
	1000	0,70	0,80	0,80
Forte 425 - 700	1	0,45	0,50	0,60
	10	0,55	0,60	0,65
	100	0,60	0,65	0,75
	1000	0,65	0,70	0,75
Muito Forte > 700	1	0,40	0,45	0,50
	10	0,45	0,55	0,60
	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,55	0,60	0,60

\* Por R (m) entende-se a menor distância (expressa em metros) do centro do tanque ao limite da bordadura.

Fonte: Doorenbos e Kassam (1994).

TABELA 4. Valores do coeficiente de cultura (Kc) para a cultura do café – 1ª aproximação.

Idade (anos)	Espaçamento entre ruas x entre plantas (m)	Valor de Kc
Adulta > 3	A) >3,0 x >1,0 – 2500 plantas/há	1,0
	B) > 3,0 x 0,5 a 1,0 – 3333 plantas/há	1,1
	C) 2,0 a < 3,0 x 0,5 a 1,0 – 6666 plantas/há	1,2
	D) 1,0 a 2,0 x 0,5 a 1,0 – 13333 plantas/há	1,3
Nova 1 a 3	A) >3,0 x >1,0 – 2500 plantas/há	0,8
	B) > 3,0 x 0,5 a 1,0 – 3333 plantas/há	0,9
	C) 2,0 a < 3,0 x 0,5 a 1,0 – 6666 plantas/há	1,0
	D) 1,0 a 2,0 x 0,5 a 1,0 – 13333 plantas/há	1,1
Nova < 1	A) >3,0 x >1,0 – 2500 plantas/há	0,6
	B) > 3,0 x 0,5 a 1,0 – 3333 plantas/há	0,7
	C) 2,0 a < 3,0 x 0,5 a 1,0 – 6666 plantas/há	0,8
	D) 1,0 a 2,0 x 0,5 a 1,0 – 13333 plantas/há	0,9

Fonte: Santinato, Fernandes e Fernandes (1996).

A dosagem dos nutrientes aplicada foi calculada com base na análise química do solo e nas Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes para o estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1989).

Para atender às necessidades nutricionais da planta, utilizaram-se de duas fontes de fertilizantes. A primeira, um adubo de fertirrigação de alta solubilidade que contém em sua formulação 14,5% de N; 5,16% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 32,67% de K<sub>2</sub>O e também pequenas porcentagens de micronutrientes. A segunda fonte utilizada foi um nitrato de cálcio especial, também de alta solubilidade, contendo 15,9% de N e 13,1% de CaO. As doses aplicadas são apresentadas na Tabela 5.

TABELA 5. Doses de nutrientes (g/planta) aplicadas nas três safras estudadas. UFLA, Lavras – MG.

Safras	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
97/98	70	20	135
98/99	191,25	41,25	247,50
99/00	140,00	25,00	110,00

Para a aplicação de fertilizantes utilizaram-se duas bombas hidráulicas injetoras de fertilizantes. Nas safras 1997/98 e 1998/99, utilizou-se uma bomba com taxa de injeção da ordem de 2% da vazão do sistema de irrigação. Já na safra 1999/2000 usou-se uma bomba injetora operando com uma maior taxa de injeção da ordem de 72 L/h.

A colheita foi realizada manualmente entre os meses de maio e junho, separando-se o café de pano do café de chão e a partir do somatório destes obteve-se a produtividade total. A secagem foi feita em terreiro com monitoramento constante da umidade dos grãos, os quais foram descascados quando esta se situava em torno de 12%.

### 3.5 Análise econômica

Para a realização da análise econômica, foram considerados os seguintes custos de produção de uma lavoura cafeeira: custos de formação e condução da lavoura, colheita, transporte do café da lavoura para o terreiro e o custo relacionado à irrigação. Os coeficientes técnicos usados para confeccionar este trabalho foram obtidos de Guimarães et al. (1989) e os custos dos insumos foram obtidos mediante pesquisa no Departamento de Administração e Economia (DAE) da Universidade Federal de Lavras.

Custos, como aquisição da propriedade, secagem, beneficiamento e infra-estrutura, não foram considerados em virtude de variarem muito em função da região e do nível tecnológico de cada produtor. A remuneração do produtor também não foi considerada, pois esta deve ser uma porcentagem acrescida ao custo total de produção e, como não são apresentados neste trabalho os custos acima citados, a remuneração do produtor ficaria subestimada.

A estimativa dos custos baseou-se no valor médio proposto por Mendonça (2001). Segundo este autor, gastam-se, em média, R\$266,30/ha\*ano

com a implantação da lavoura. Este valor origina-se de R\$ 3.981,64, depreciado em 15 anos para se recuperar este capital; com a depreciação do equipamento de irrigação, R\$268,50/ha\*ano; com mão-de-obra para operação do sistema, R\$12,19/ha\*ano e com a manutenção deste sistema R\$32,22. Vale aqui ressaltar que não se considerou o custo da água. Porém, sabe-se que nos próximos anos o mesmo estará presente na planilha de custos de qualquer cultura irrigada.

O conjunto motobomba utilizado no experimento possuía 2 cv, sendo o mesmo suficiente para irrigar 1 hectare de café, valor próximo àquele sugerido por Mendonça (2001). Desta forma, o custo com energia (CE) foi calculado conforme a Equação 4.

$$CE = V_{kwh} * T * \frac{736 * Pot}{1000 * \eta} \quad (4)$$

em que:

$V_{kwh}$  = valor do kwh, R\$;

T = tempo total de funcionamento do sistema de irrigação, h;

Pot = potência do conjunto motobomba, cv;

$\eta$  = rendimento do conjunto motobomba, decimal.

### 3.6 Parâmetros avaliados

Das safras 1997/98, 1998/99 e 1999/2000, avaliou-se a produtividade de café de pano, ad o café de chão. Pela soma destas, calculou-se a produtividade total. Todos os parâmetros acima mencionados foram submetidos à análise de variância e posterior teste de comparação de médias, pelo método de Tukey, quando se fez necessário. Os resultados de produtividade foram expressos em sacas beneficiadas de 60 kg por hectare (sc/ha).



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Safra 1997–1998

#### 4.1.1 Clima e irrigação

Na Figura 1 são apresentados os valores totais mensais para precipitação e evaporação do tanque Classe “A”. Observa-se que as precipitações concentraram de outubro a maio e que em todos os meses o total evaporado ultrapassou 100 mm. Durante os meses de julho a setembro, pouco choveu, justificando desta forma as épocas de irrigação, já que, um déficit hídrico acumulado de 200 mm, principalmente no período de florescimento, se torna extremamente prejudicial à cultura do café.

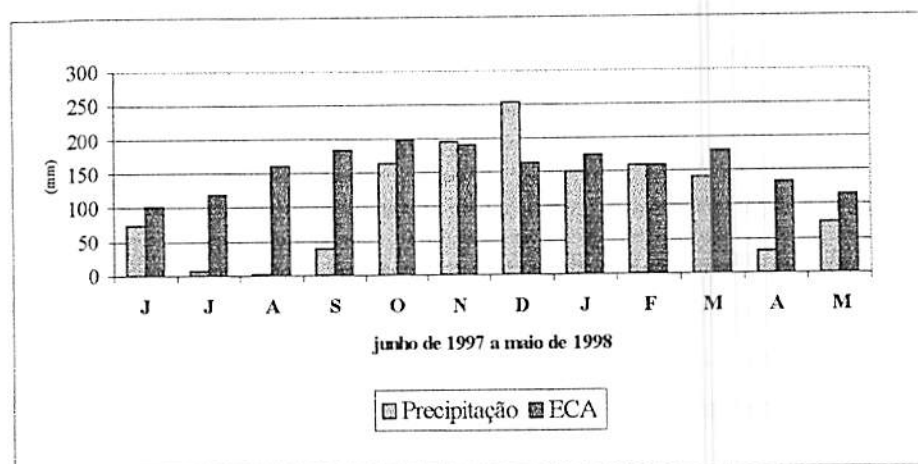


FIGURA 1. Totais mensais (mm) para precipitação e evaporação do tanque Classe “A”. Ano agrícola 1997/98. UFLA, Lavras, MG.

Na Figura 2 são apresentados os valores médios mensais de umidade relativa (%) e temperatura (°C). Nota-se que no ano agrícola 1997/98 não houve condições climáticas limitantes (temperaturas médias < 16°C ou umidades relativas muito baixas) ao desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro.

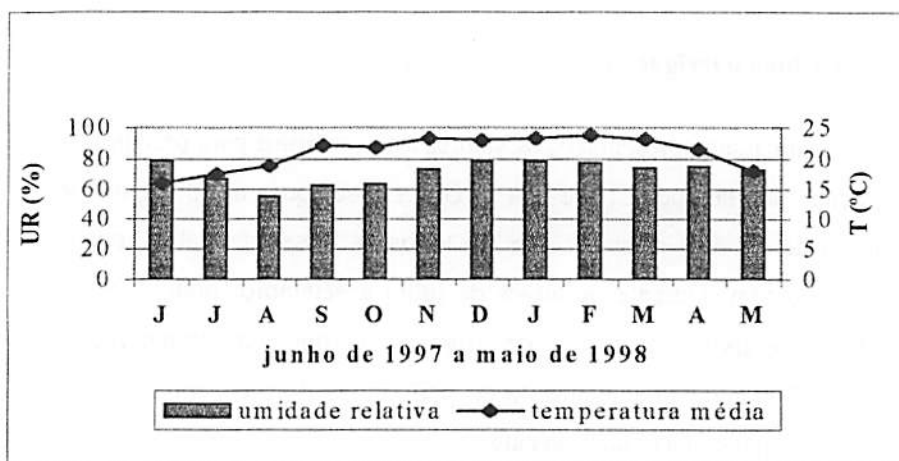


FIGURA 2. Médias mensais de umidade relativa e temperatura. Ano agrícola 1997/98. UFLA, Lavras, MG.

Na Tabela 6 estão contidos os valores das lâminas precipitada pluvialmente, aplicadas via irrigação e na fertirrigação e a lâmina total resultante. O total precipitado de junho/97 a maio/98 foi de 1287,2 mm; a lâmina aplicada via irrigação variou de 339,8 mm para o tratamento que tem sua irrigação iniciada em 01/06 e 139,6 mm para a irrigação a partir de 01/09. A fertirrigação requereu uma lâmina de aproximadamente 257 mm.

TABELA 6. Lâminas recebidas pela cultura. Ano agrícola 1997/98 - UFLA, Lavras, MG.

Parcelas	Subparcelas	Precipitação	Lâmina irrigada	Lâmina. fertirrigada.	Lâmina total
P1	A	1.287,2	339,8	0,0	1.627,0
	B	1.287,2	300,8	0,0	1.588,0
	C	1.287,2	139,8	0,0	1.427,0
P2	A	1.287,2	339,8	257,2	1.884,1
	B	1.287,2	300,8	257,2	1.845,1
	C	1.287,2	139,8	257,2	1.684,2
P3	A	1.287,2	339,8	257,0	1.884,0
	B	1.287,2	300,8	257,0	1.845,0
	C	1.287,2	139,8	257,0	1.684,1
P4	A	1.287,2	339,8	257,0	1.884,0
	B	1.287,2	300,8	257,0	1.845,0
	C	1.287,2	139,8	257,0	1.684,1
	D	1.287,2	-	-	1.287,2

#### 4.1.2 Produtividade

Observando-se a Tabela 7, verifica-se que o efeito do parcelamento da adubação mostrou efeito significativo ( $\alpha < 5\%$ ) pela análise de variância apenas para o parâmetro produtividade de café do chão. Épocas de irrigação mostraram efeito significativo ( $\alpha < 1\%$ ) para os três parâmetros analisados, produtividade de café de pano, do chão e produtividade total. A análise de variância detectou efeito significativo para a interação entre épocas de irrigação e parcelamento de adubação, para os parâmetros café de pano e total, ambos ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 7. Análise de variância contendo a soma de quadrados dos parâmetros produtividade no pano, no chão e total. Safra 1997/98. UFLA, Lavras, MG.

FV	GL	Pano	Chão	Total
<b>Blocos</b>	2	1,77 <sup>ns</sup>	18,57 <sup>ns</sup>	31,73 <sup>ns</sup>
<b>Parcelamentos</b>	3	1.168,63 <sup>ns</sup>	54,30 <sup>*</sup>	1.529,95 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo (a)</b>	6	667,76	14,43	717,23
<b>Épocas de Irrigação</b>	3	5.842,87 <sup>**</sup>	130,73 <sup>**</sup>	7.523,51 <sup>**</sup>
<b>Resíduo (b)</b>	6	666,53	52,38	909,24
<b>Parcelamento x Épocas</b>	9	2.575,03 <sup>*</sup>	73,12 <sup>ns</sup>	3.415,12 <sup>*</sup>
<b>Resíduo (c)</b>	18	1.797,87	79,82	2.217,02
<b>Total</b>	47	12.720,45	422,35	16.343,82
<b>CV 1 (%)</b>		26,98	18,82	23,10
<b>CV 2 (%)</b>		26,96	35,85	26,01
<b>CV 3 (%)</b>		25,56	25,55	23,44

<sup>ns</sup> Não significativo; <sup>\*</sup> Significativo a 5%; <sup>\*\*</sup> Significativo a 1%.

Apresenta-se, na Tabela 8, a comparação de médias com a produtividade para o café de pano, de chão e total, conforme os respectivos tratamentos. Para a produtividade de café do chão, em que houve diferença estatística entre os tratamentos de parcelamento de adubação, pôde-se notar que P2 e P4 (12 e 24 fertirrigações), embora tenham apresentando maior produtividade 9,4 e 9,2 sc/ha, não diferiram de P1 (12 aplicações manuais) com uma produtividade de 7,4 sc/ha e P1 não diferiu de P3 (24 aplicações via fertirrigação) com uma produtividade de 7,0 sc/ha.

Com relação às épocas de irrigação pode-se verificar que a subparcela A que teve sua irrigação a partir 01/06, mostrou resultados melhores resultados para a produtividade de café de pano, 56,6 sc/ha e para a produtividade total 67,7 sc/ha. Estes resultados indicam além do efeito da época de irrigação a eficácia da lâmina recebida por este tratamento. As demais épocas de irrigação não diferiram estatisticamente entre si. A subparcela C, que teve sua irrigação

iniciada a partir de 01/09 e que recebeu uma lâmina de irrigação/fertirrigação igual a 332,7 mm, foi o tratamento que apresentou menores resultados.

**TABELA 8.** Comparação de médias (método de Tukey) para os parâmetros produtividade no pano, no chão e total (sc/ha). Safra 1997/98. UFLA, Lavras, MG.

Parcelamentos de Adubação				
Produtividade de café de chão	P4	P3	P2	P1
	9,2 a	7,0 b	9,4 a	7,4 ab
Épocas de Irrigação	Pano	Chão	Total	
A	56,6 a	11,1 a	67,7 a	
B	39,7 b	7,1 b	46,7 b	
C	27,4 b	7,3 b	34,0 b	
D	32,7 b	7,5 b	40,2 b	

Valores acompanhados de mesma letra, não se diferem estatisticamente.

A produtividade apresentada pela subparcela A (67,7 sc/ha) foi superior à produtividade descrita por Fernandes et al. (2000) na safra 1997/98 (45,7 sc/ha).

Com relação à produtividade da subparcela A (67,7 sc/ha), pode-se dizer que é excelente, considerando-se a média da produtividade da região para cafezais com idade variando de 10 a 20 anos, que é de 25 sc/ha (SEBRAE, 1996).

Pela análise de variância apresentada na Tabela 6, houve efeito significativo, para a interação entre parcelamentos de adubação e épocas de irrigação, acarretando a análise de variância para o desdobramento de parcelamentos de adubação dentro de épocas de irrigação. Os resultados desta análise estão contidos na Tabela 9.

TABELA 9. Análise de variância para o desdobramento de parcelamento de adubação dentro de épocas de irrigação, contendo a soma de quadrados dos parâmetros produtividade no pano e total. Safra 1997/98. UFPA, Lavras, MG.

FV	GL	Pano	Total
Parcelamentos dentro de A	3	2.480,99 <sup>**</sup>	3.309,80 <sup>**</sup>
Parcelamentos dentro de B	3	707,77 <sup>ns</sup>	869,68 <sup>ns</sup>
Parcelamentos dentro de C	3	105,00 <sup>ns</sup>	150,30 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo</b>	<b>24</b>	<b>2.464,40</b>	<b>3.126,26</b>

<sup>ns</sup> Não significativo; <sup>\*\*</sup> Significativo a 1%.

Analisando-se a Tabela 9, nota-se que houve diferença estatística ( $\alpha < 1\%$ ) apenas para parcelamentos de adubação dentro da subparcela A.

A comparação de médias para parcelamentos de adubação dentro da subparcela A está apresentado na Tabela 10.

A Tabela 10 apresenta de forma evidente que, tanto para a produtividade de café de pano como para produtividade de café total, os tratamentos que receberam 12 aplicações via água de irrigação e 12 aplicações manuais, apresentaram melhores resultados: 68,1 e 69,5 sc/ha para produtividade de café de pano e 82,3 e 81,3 sc/ha para a produtividade total, respectivamente. Contudo não tenham diferem do tratamento que recebeu 36 aplicações via fertirrigação (P4), com uma produtividade de 55,4 e 66,6 sc/ha para produtividade de café de pano e produtividade total, respectivamente. P4 não diferiu de P3 (24 aplicações via fertirrigação), que proporcionou produtividade de café de pano e total iguais a 33,6 e 41,0 sc/ha, respectivamente. Percebeu-se, assim, indícios de que parcelando a aplicação de fertilizante em 12 vezes, seja via água de irrigação ou aplicação manual, obtêm-se melhores resultados.

TABELA 10. Comparação de médias (método de Tukey) para o desdobramento de parcelamentos de adubação dentro da 1ª época de irrigação (01/06), para a Produtividade no pano e total (sc/ha). Safra 97/98. UFLA, Lavras – MG.

Tratamentos	Pano	Total
P4 (36 x água)	55,4 ab	66,6 ab
P3 (24 x água)	33,6 b	41,0 b
P2(12 x água)	68,1 a	82,3 a
P1 (4 x manual)	69,5 a	81,3 a

Valores acompanhados de mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente.

## 4.2 Safra 1998–1999

### 4.2.1 Clima e irrigação

A Figura 3 mostra os totais mensais para precipitação e evaporação do tanque Classe “A”, ambos em mm, para o ano agrícola 1998/99.

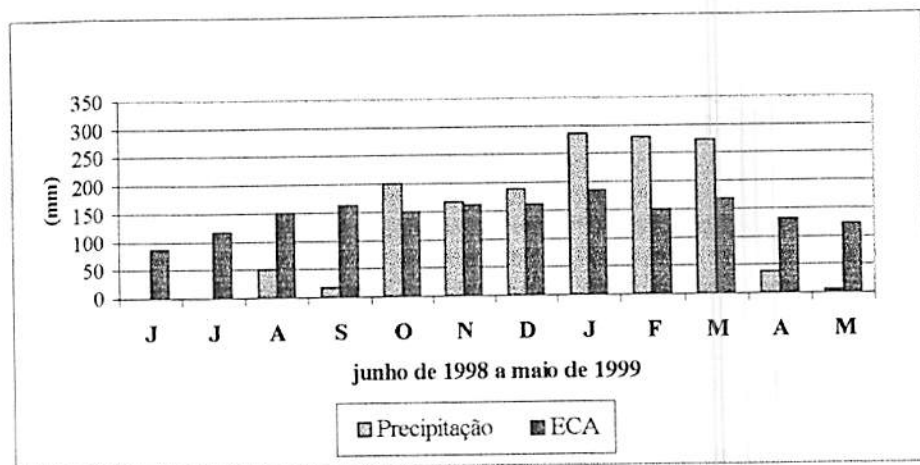


FIGURA 3. Totais mensais (mm) para precipitação e evaporação do tanque Classe “A”. Ano agrícola 1998/99. UFLA, Lavras, MG.

Diferentemente do ocorrido no ano agrícola 1997/98, quando as precipitações estenderam-se de outubro a maio, no ano agrícola 1998/99 as precipitações estenderam-se de outubro à março, atingindo seu máximo em janeiro. Ressalta-se que no período de junho a setembro pouco choveu (< 100 mm), provocando assim um déficit de umidade no solo, que poderia prejudicar a cultura. Contudo, este período coincidiu justamente com o início das épocas de irrigação. Por sua vez, a evaporação do tanque Classe “A” em quase todos os meses registrou valores acima de 100 mm.

Na Figura 4 são apresentados os valores médios mensais de umidade relativa (%) e temperatura (°C). Da mesma forma que no ano agrícola anterior, nota-se que neste ano agrícola não houve condições climáticas limitantes (temperaturas médias < 16°C ou umidades relativas muito baixas) ao desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro.

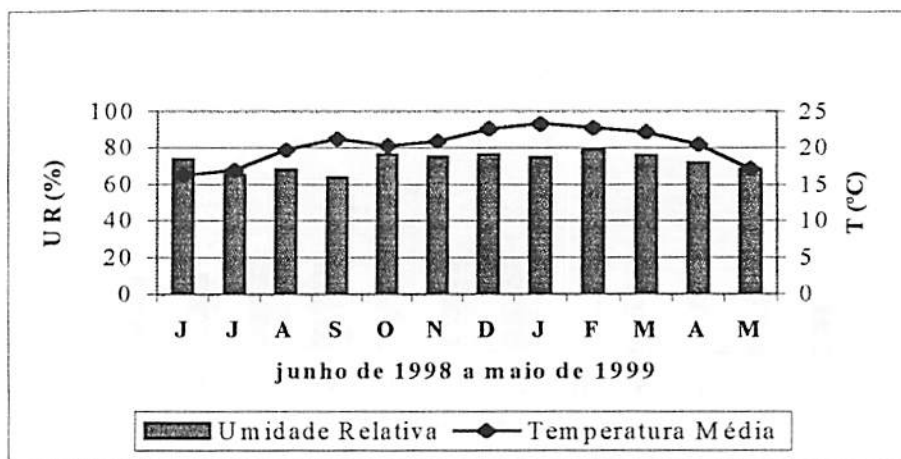


FIGURA 4. Médias mensais de Umidade relativa e temperatura. Ano agrícola 1998/99. UFLA, Lavras, MG.



As lâminas recebidas pela cultura no ano agrícola 1998/99 estão mostradas na Tabela 11. Todos os tratamentos receberam uma lâmina precipitada de 1.506,8 mm. O tratamento cuja irrigação iniciou-se em 01/06 (subparcela A) recebeu 355,5 mm de irrigação; o tratamento cuja irrigação iniciou-se em 15/08 (subparcela B) recebeu 258,3 mm de irrigação e a subparcela C (irrigação a partir de 01/09) recebeu 120,7 mm. A lâmina aplicada na fertirrigação foi da ordem de 182,5 mm.

TABELA 11. Lâminas recebidas pela cultura. Ano agrícola 1998/99. UFLA, Lavras - MG.

Parcelas	Subparcelas	Precipitação	Lâmina irrigada	Lâmina fertirrigada	Lâmina total
P1	A	1.506,8	355,5	0,0	1.862,3
	B	1.506,8	258,3	0,0	1.765,1
	C	1.506,8	120,7	0,0	1.627,5
P2	A	1.506,8	355,5	183,4	2.045,7
	B	1.506,8	258,3	183,4	1.948,5
	C	1.506,8	120,7	183,4	1.810,9
P3	A	1.506,8	355,5	181,7	2.044,0
	B	1.506,8	258,3	181,7	1.946,7
	C	1.506,8	120,7	181,7	1.809,1
P4	A	1.506,8	355,5	182,5	2.044,8
	B	1.506,8	258,3	182,5	1.947,6
	C	1.506,8	120,7	182,5	1.810,0
D, E		1.506,8			1.506,8

#### 4.2.2 Produtividade

Na safra 98/99, todos os parâmetros estudados (produtividade de café de pano, de chão e total) foram significativos pela análise de variância apenas para os tratamentos de épocas de irrigação, ao nível de 1% de probabilidade, conforme mostra a Tabela 12.

TABELA 12. Análise de variância contendo a soma de quadrados dos parâmetros produtividade no pano, no chão e total. Safra 1998/99. UFLA, Lavras, MG.

FV	GL	Pano	Chão	Total
Blocos	2	625,17 <sup>ns</sup>	7,88 <sup>ns</sup>	709,62 <sup>ns</sup>
Parcelamentos	3	3.889,37 <sup>ns</sup>	27,32 <sup>ns</sup>	4.486,84 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	2111,44	39,58	2687,33
Épocas de Irrigação	4	14.871,73 <sup>**</sup>	135,68 <sup>**</sup>	17.531,06 <sup>**</sup>
Resíduo (b)	8	2.408,73	30,47	2.492,35
Parcelamento x Épocas	12	2.402,15 <sup>ns</sup>	52,04 <sup>ns</sup>	2.288,38 <sup>ns</sup>
Resíduo (c)	24	6179,93	97,71	7.299,01
Total	59	324.887,80	390,68	37.494,59
CV 1 (%)		37,38	43,53	37,73
CV 2 (%)		34,57	33,08	31,47
CV 3 (%)		31,97	34,20	31,09

<sup>ns</sup> Não significativo; <sup>\*\*</sup> Significativo a 1%.

A comparação de médias para o efeito de épocas de irrigação está presente na Tabela 13. Considerando-se a produtividade total, não foi detectada diferença entre os tratamentos A, B, C e D. A única diferença detectada foi em relação à subparcela E.

TABELA 13. Comparação de médias (método de Tukey) para os parâmetros produtividade no pano, no chão e total (sc/ha). Safra 98/99. UFLA, Lavras – MG.

Épocas de Irrigação	Pano	Chão	Total
A	45,2 ab	6,8 a	52,0 a
B	64,9 a	6,5 a	71,4 a
C	66,9 a	7,4 a	74,3 a
D	50,7 a	5,7 ab	56,4 a
E	23,3 b	3,1 b	26,4 b

Valores acompanhados de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente.

Vale observar que a subparcela C, que embora comece a ser irrigada com defasagem de 90 dias e conseqüentemente recebendo menor lâmina, nesta safra apresentou a melhor produtividade de 74,3 sc/ha, sendo que, na safra anterior apresentou uma produtividade de 34,7 sc/ha, aspecto que sinaliza para a ocorrência do efeito do ciclo bienal do cafeeiro.

Esta produtividade de 74,3 sc/ha para o cafeeiro (com 14 anos) irrigado a partir de 01/09 foi superior à produtividade de 43,4 sc/ha encontrada por Antunes et al.(2000), no mesmo ano agrícola.

### **4.3 Safra 1999–2000**

#### **4.3.1 Clima e irrigação**

A precipitação e a evaporação do tanque Classe “A” ocorridas de junho de 1999 a maio de 2000 estão representadas na Figura 5. É fácil observar que as precipitações concentraram-se de novembro a março, atingindo o máximo em janeiro (459,8 mm) e um total anual de 1.407,3 mm. Durante o intervalo de junho a outubro, houve pouca precipitação (91,8mm), ocorrendo uma evaporação de 709,9 mm. A evaporação do tanque Classe “A” comportou-se de forma semelhante ao ano agrícola 1998/99 e, como o ocorrido neste ano, apenas no mês de junho evaporou menos de 100 mm.

Na Figura 6, são apresentados os valores médios mensais de umidade relativa (%) e temperatura (°C). Da mesma forma que nos anos agrícolas anteriores, nota-se que também neste ano agrícola não houve condições climáticas limitantes (temperaturas médias < 16°C e umidades relativas muito baixas) ao desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro.

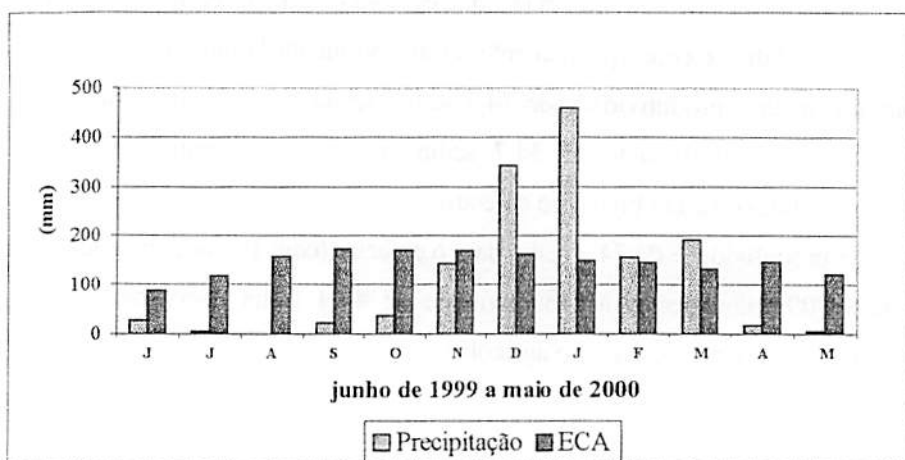


FIGURA 5. Totais mensais (mm), para precipitação e evaporação do tanque Classe "A". Ano agrícola 1999/2000. UFLA, Lavras, MG.

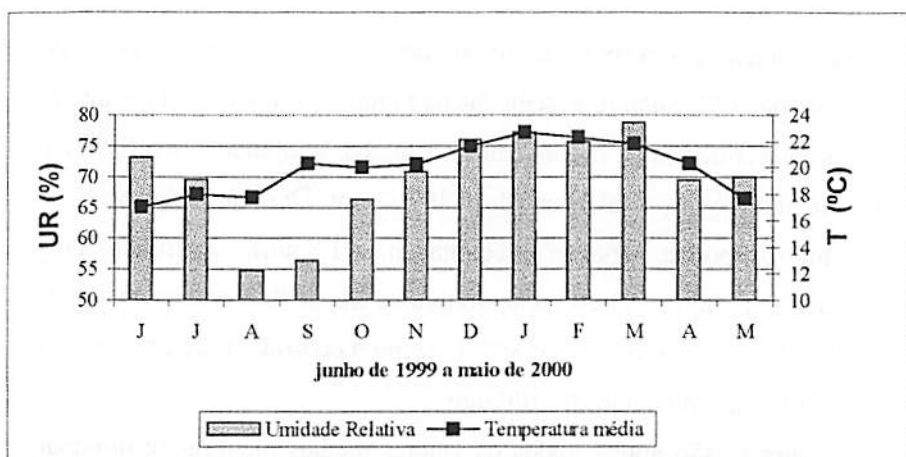


FIGURA 6. Médias mensais de umidade relativa e temperatura. Ano agrícola 1999/2000. UFLA, Lavras, MG.

A Tabela 14 representa as lâminas (precipitação, irrigação e fertirrigação) recebidas pelo cafeeiro. Ocorreu, durante este ano agrícola, uma precipitação total de 1.407,3 mm. A subparcela A recebeu uma lâmina de

irrigação de 388,4 mm, a subparcela B recebeu uma lâmina de 316,26mm e a subparcela C uma lâmina de 143,4 mm. Aos tratamentos fertirrigados P2, P3 e P4, foi gasta uma lâmina de aproximadamente 59,5 mm para se fazer a aplicação de fertilizantes. Esta lâmina foi menor que a lâmina gasta nos outros anos agrícolas, o que é explicado pela troca da bomba injetora existente por uma com maior taxa de injeção de fertilizante.

TABELA 14. Lâminas de água recebidas pela cultura. Safra 1999/2000. UFLA, Lavras, MG.

Parcelas	Subparcelas	Precipitação	Lâmina Irrigada	Lâmina fertirrigada	Lâmina total
P1	A	1.407,3	388,4	0,0	1.795,7
	B	1.407,3	316,3	0,0	1.723,6
	C	1.407,3	143,4	0,0	1.550,7
P2	A	1.407,3	388,4	59,5	1.855,2
	B	1.407,3	316,3	59,5	1.783,1
	C	1.407,3	143,4	59,5	1.610,2
P3	A	1.407,3	388,4	59,6	1.855,3
	B	1.407,3	316,3	59,6	1.783,1
	C	1.407,3	143,4	59,6	1.610,3
P4	A	1.407,3	388,4	59,4	1.855,1
	B	1.407,3	316,3	59,4	1.783,0
	C	1.407,3	143,4	59,4	1.610,1
D, E		1.407,3			1.407,3

### 4.3.2 Produtividade

A análise de variância da safra 1999/2000 para a produtividade de café de pano, de chão e produtividade total está apresentada na Tabela 15.

Verificou-se o mesmo efeito ocorrido na safra anterior, em que, parcelamentos de adubação não mostraram efeito significativo pela análise de variância para nenhum dos parâmetros avaliados. Com relação às épocas de

irrigação, como nas safras 1997/98 e 1998/99, na safra 1999/2000 foi detectado, pela análise de variância, efeito significativo ( $\alpha < 1\%$ ), tanto para a produtividade de café de pano, como de chão e total. A interação entre parcelamentos de adubação e épocas de irrigação, por sua vez, foi significativa ( $\alpha < 5\%$ ) para a produtividade de café do chão e produtividade total.

TABELA 15. Análise de variância contendo a soma de quadrados para a produtividade no pano, no chão e total. Safra 1999/2000. UFLA, Lavras, MG.

FV	GL	Pano	Chão	Total
Blocos	2	244,61 <sup>ns</sup>	8,41 <sup>ns</sup>	193,79 <sup>ns</sup>
Parcelamentos	3	250,53 <sup>ns</sup>	40,02 <sup>ns</sup>	410,47 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	641,68	50,91	661,34
Épocas de Irrigação	4	60.036,23 <sup>**</sup>	832,1 <sup>**</sup>	74.914,03 <sup>**</sup>
Resíduo (b)	8	2.029,44	82,36	2.594,05
Parcelamento x Épocas	12	4.567,17 <sup>ns</sup>	111,97 <sup>*</sup>	5.511,43 <sup>*</sup>
Resíduo (c)	24	4454,27	97,78	4941,22
Total	59	72.223,93	1223,56	89.226,33
CV 1 (%)		29,18	75,67	26,72
CV 2 (%)		44,94	83,36	45,83
CV 3 (%)		38,43	52,44	36,52

<sup>ns</sup> Não significativo; <sup>\*</sup> Significativo a 5%; <sup>\*\*</sup> Significativo a 1%.

A comparação de médias está apresentada na Tabela 16. A subparcela A, que começou a ser irrigada a partir de 01/06, foi destacadamente o tratamento que proporcionou melhores resultados: 94,4 sc/ha para a produtividade de café de pano e 105,1 sc/ha para a produtividade total. Novamente, estes resultados indicam além do efeito da época de irrigação a eficácia da lâmina recebida por este tratamento. Esta produtividade 105,1 sc/ha, foi superior às produtividades descritas por Faria (2001), Soares et al. (2001) e Antunes et al. (2000).

A subparcela A já havia proporcionado melhores resultados na safra 1997/98, vindo assim reforçar o que já foi mencionado sobre o efeito do ciclo bienal do cafeeiro.

Com relação à produtividade de café de pano e total, o tratamento irrigado, a partir de 15/08 (subparcela B), propiciou 41,6 e 46,1 sc/ha. Contudo, não diferiu estatisticamente do tratamento não irrigado, que recebe quatro adubações com adubo de fertirrigação (subparcela D) com produtividades de 19,9 e 21,3 sc/ha, já, esta subparcela D não diferiu estatisticamente dos tratamentos, irrigado a partir de 01/09 (subparcela C) com 13,9 e 15,9 sc/ha e, não irrigado com quatro adubações manuais com adubo convencional (subparcela E), com 7,4 e 7,9 sc/ha.

As subparcelas B (4,7 sc/ha), C (1,9 sc/ha), D (1,3 sc/ha) e E (0,5 sc/ha) não diferiram estatisticamente entre si, quanto à produtividade de café de chão.

TABELA 16. Comparação de médias (método de Tukey) para os parâmetros produtividade no pano, no chão e total (sc/ha), Safra 1999/2000. UFLA, Lavras, MG.

Épocas de Irrigação	Pano	Chão	Total
A	94,4 a	10,8 a	105,1 a
B	41,6 b	4,7 b	46,3 b
C	13,9 c	1,9 b	15,9 c
D	19,9 bc	1,3 b	21,7 bc
E	7,4 c	0,5 b	7,9 c

Valores acompanhados de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente.

A Tabela 15 mostra o efeito significativo detectado pela análise de variância para a interação entre parcelamentos de adubação e épocas de irrigação para a produtividade de café de chão e produtividade total. A partir desta constatação foi feita outra análise de variância para o desdobramento de

parcelamentos de adubação dentro de diferentes épocas de irrigação. Os resultados desta análise estão contidos na Tabela 17.

Na Tabela 17, observa-se que a análise de variância acusou efeito significativo apenas para parcelamentos de adubação dentro da primeira época de irrigação (subparcela A), ao nível de 1% de probabilidade. Em virtude desta comprovação, foi necessário um teste de comparação de médias. Os resultados estão presentes na Tabela 18.

TABELA 17. Análise de variância para o desdobramento de parcelamentos de adubação dentro de épocas de irrigação, contendo a soma de quadrados dos parâmetros produtividade no chão e total. Safra 1999/2000. UFLA, Lavras, MG.

FV	GL	Chão	Total
Parcelamentos dentro de A	3	125,75 **	4.901,37 **
Parcelamentos dentro de B	3	16,40 <sup>ns</sup>	331,91 <sup>ns</sup>
Parcelamentos dentro de C	3	7,15 <sup>ns</sup>	172,97 <sup>ns</sup>
Resíduo	29	154,23	7.345,87

<sup>ns</sup> Não significativo; \*\* Significativo a 1%.

Pela Tabela 18, percebe-se que, para a produtividade de café de chão, a aplicação de adubo em doze parcelamentos via fertirrigação (P2) propiciou um resultado não desejável (15,0 sc/ha). Todavia, não diferenciando de 36 parcelamentos via fertirrigação (P4) que apresentou uma produtividade de 12,5 sc/ha. Esta produtividade elevada de café de chão é atribuída à falta de uniformidade da florada. Para a produtividade total, P2 proporcionou o melhor resultado (126,0 sc/ha), porém, P2 não diferiu estatisticamente de P1 (12 aplicações de adubo de fertirrigação feitas manualmente) que mostrou uma produtividade de 116,9 sc/ha. Estes resultados vêm reforçar o fato já discutido na safra 97/98, de que 12 aplicações de fertilizantes, seja via fertirrigação ou aplicação manual, têm mostrado melhores resultados.



TABELA 18. Comparação de médias (método de Tukey) para o desdobramento de parcelamentos de adubação dentro da 1ª época de irrigação (01/06), para a produtividade no chão e total. Safra 1999/2000. UFLA, Lavras, MG.

Tratamentos	Chão	Total
P4 (36 x água)	12,5 ab	105,0 ab
P3 (24 x água)	6,6 c	72,6 b
P2(12 x água)	15,0 a	126,0 a
P1 (4 x manual)	8,8 bc	116,9 a

Valores acompanhados de mesma letra não diferem estatisticamente.

#### 4.4 Análise conjunta

##### 4.4.1 Produtividade

A análise de variância conjunta (temporal) para a produtividade de café de pano, de chão e total das safras 1997/98, 1998/99 e 1999/2000 estão mostradas na Tabela 19. É importante ressaltar que parcelamentos de adubação, épocas de irrigação e a interação entre parcelamentos de adubação e épocas de irrigação já foram discutidos separadamente conforme as respectivas safras.

A Tabela 19 mostra que houve diferença estatística ( $\alpha < 1\%$ ) entre as safras para todos os parâmetros estudados. A interação entre safras e parcelamentos de adubação só foi significativa ( $\alpha < 5\%$ ) para o parâmetro produtividade de café do chão. A interação entre safras e épocas de irrigação mostrou efeito significativo ( $\alpha < 1\%$ ) pela análise de variância para os três parâmetros estudados e a interação entre safras, parcelamentos de adubação e épocas de irrigação não apresentou diferença estatística significativa.

TABELA 19. Análise de variância para a variação temporal para produtividade no pano, no chão e total, das safras 1997/98, 1998/99 e 1999/2000, contendo a soma de quadrados. UFLA, Lavras, MG.

FV	GL	PANO	CHÃO	TOTAL
Blocos	2	498,02 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	468,11 <sup>ns</sup>
Parcelamento de adubação	3	1.856,40 <sup>*</sup>	29,86 <sup>ns</sup>	1.818,17 <sup>ns</sup>
Resíduo (1)	6	570,22	52,25	841,46
Épocas de irrigação	3	22.188,17 <sup>**</sup>	466,65 <sup>**</sup>	28.856,20 <sup>**</sup>
Resíduo (2)	6	389,99	79,47	760,72
Parcelamento x Épocas	9	3.198,37 <sup>ns</sup>	73,16 <sup>ns</sup>	3.966,20 <sup>ns</sup>
Resíduo (3)	18	3.080,60	77,78	3.545,44
Safras	2	8.592,15 <sup>**</sup>	305,67 <sup>**</sup>	8.467,63 <sup>**</sup>
Resíduo (4)	4	930,13	44,71	1.141,90
Safras x Parcela.	6	3.794,68 <sup>ns</sup>	102,22 <sup>*</sup>	5.070,16 <sup>ns</sup>
Resíduo (5)	12	3.190,50	56,57	3.547,82
Safras x Épocas	6	35.920,41 <sup>**</sup>	350,05 <sup>**</sup>	43.148,97 <sup>**</sup>
Resíduo (6)	12	3.609,91	67,60	3.877,69
Safras x Parcela. x Épocas	18	5.037,38 <sup>ns</sup>	147,60 <sup>ns</sup>	5.699,64 <sup>ns</sup>
Resíduo (7)	36	6.570,91	175,91	7.778,46
Total	143	99.427,14	2.030,36	118.988,59
CV 1 (%)		21,12	45,36	22,49
CV 2 (%)		17,47	55,94	21,38
CV 3 (%)		28,34	31,95	26,65
CV 4 (%)		33,04	51,39	32,09
CV 5 (%)		35,33	33,37	32,65
CV 6 (%)		37,58	36,48	34,14
CV 7 (%)		29,27	33,98	27,91

<sup>ns</sup> Não significativo; <sup>\*</sup> Significativo a 5%; <sup>\*\*</sup> Significativo a 1%.

O teste de comparação de médias para as safras 1997/98, 1998/99 e 1999/2000, está representado na Tabela 20. Pode-se notar que, para a

produtividade de café de pano e produtividade total, a safra 1998/99 apresentou melhores resultados (56,9 e 63,5 sc/ha).

Estes resultados vêm, dessa forma, confirmar que a irrigação não elimina o efeito do ciclo bienal do cafeeiro, conforme o exposto por Weill et al. (2000), em ensaio com a variedade mundo novo, conduzido em Pindorama – SP.

TABELA 20. Teste de comparação de médias (método de Tukey) para as safras 97/98, 98/99 e 99/00. UFLA, Lavras – MG.

Safras	Pano	Chão	Total
97/98	39,1 b	8,2 a	47,3 b
98/99	56,9 a	6,6 ab	63,5 a
99/00	42,5 b	4,7 b	47,1 b

Valores acompanhados de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente.

A Tabela 21 apresenta a análise de variância com o desdobramento das safras dentro de épocas de irrigação. Observa-se que não houve efeito significativo apenas para o parâmetro café de chão no efeito de safras dentro da subparcela B (irrigada a partir de 15/08).

O teste de comparação de médias para o desdobramento de safras dentro de épocas de irrigação encontra-se na Tabela 22.

Da análise da Tabela 22 deduz-se que a irrigação não elimina o ciclo bienal do cafeeiro. Isto porque houve diferença estatística, mostrada pelo teste de comparação de médias, para a produtividade dentro de todos os tratamentos. Contudo, se pode dizer que irrigando a partir de 01/06 e 15/07 (subparcelas A e B) consegue-se uma redução na amplitude de variação da produtividade entre as safras. Bastando observar os coeficientes de variação (CV) que, para estes tratamentos, foram menores que o coeficiente de variação apresentado pelos demais tratamentos, em todos os parâmetros estudados.

TABELA 21. Análise de variância para o desdobramento de safras dentro de épocas de irrigação, contendo a soma de quadrados dos parâmetros produtividade no pano, no chão e total. UFLA, Lavras, MG.

FV	GL	Pano	Chão	Total
Safras dentro de A	2	15.899,58 **	139,38 **	17.905,16 **
Safras dentro de B	2	4.708,59 **	35,99 **	4.936,79 **
Safras dentro de C	2	18.165,18 **	238,21 **	21.339,63 **
Safras dentro de D	2	5.739,20 **	242,13 **	7.435,02 **
Resíduo	16	4.448,36	89,77	4.969,37

\*\* Não significativo; \* Significativo a 1%.

TABELA 22. Teste de comparação de médias (método de Tukey) para o desdobramento de safras dentro das épocas de irrigação, para a produtividade no pano, no chão e total. UFLA, Lavras, MG.

Safras	Subparcelas			
	A	B	C	D
	<b>Produtividade no Pano</b>			
1997/98	56.6 b	39.7 b	27.4 b	32.7 b
1998/99	45.2 b	64.8 a	66.9 a	50.7 a
1999/00	94,4 a	41.6 b	13.9 b	13.9 b
Média	65,4 A	48.7 B	36.1 C	32.5 C
CV (%)	32,13	23.48	62.32	46.28
	<b>Produtividade no Chão</b>			
1997/98	11.1 a	7.1 a	7.3 a	7.5 a
1998/99	6.8 b	6.5 a	7.4 a	5.7 a
1999/00	10.8 a	4.7 a	1.9 b	1.3 b
Média	9.5 A	6.1 B	5.6 B	4.8 B
CV (%)	20.66	16.43	46.30	53.57
	<b>Produtividade Total</b>			
1997/98	67.7 b	46.7 b	34.7 b	40.2 a
1998/99	51.9 b	71.4 a	74.3 a	56.4 a
1999/00	105.1 a	46.3 b	15.9 c	21.3 b
Média	74.9 A	54.8 B	41.6 C	39.3 C
CV (%)	29.77	21.37	58.50	36.58

Valores acompanhados de mesma letra não diferem estatisticamente.

Pode-se dizer, ainda, que a produtividade total média das três safras, apresentada pela subparcela A (irrigada a partir de 01/06) de 74,9 sc/ha é relevante. Ela foi superior àquelas encontradas por Santinato (2001), em dois ensaios com cafeicultura irrigada: 1º ensaio: catuaí, na região de Bonfinópolis, MG, avaliado no período de 1993 a 1999, espaçado de 4,0 x 0,8 m, com irrigação o ano todo e aplicando 100% da evaporação do tanque Classe "A" (ECA), que apresentou uma média de produtividade de 61,6 sc/ha, com a aplicação de adubo granulado diretamente ao solo; 2º ensaio: mundo novo, na região de Planaltina, GO, avaliado no período de 1994 a 1999, espaçado de 4,2 x 0,8 m, irrigado de abril a setembro, com média de produtividade de 38,0 sc/ha.

#### **4.5 Análise econômica**

Com base na metodologia apresentada, estimou-se o custo de produção por saca de café beneficiado, para as safras 1997/98, 1998/99 e 1999/2000 e sobre os resultados, aplicou-se a análise de variância, cujo resumo está apresentada no Tabela 23.

A análise de variância permitiu detectar diferenças significativas estatisticamente, apenas entre os tratamentos que receberam épocas de irrigação na safra 1997/98. Já nas safras 1998/99 e 1999/2000, não se observou diferença significativa em nenhum dos tratamentos (parcelamentos de adubação, épocas de irrigação e para interação destes) quando submetidos à análise de variância.

A comparação de médias para o custo de produção por saca de café beneficiado da safra 1997/98 está presente na Tabela 24.

TABELA 23. Análise de variância contendo a soma de quadrados para o custo de produção/saca beneficiada das safras 1997/98, 1998/99 e 1999/2000. UFLA, Lavras, MG.

FV	GL	97/98	G L	98/99	99/00
Blocos	2	3.488,02 <sup>ns</sup>	2	4.895,39 <sup>ns</sup>	3.534.520,13 <sup>ns</sup>
Parcelamentos	3	8.994,62 <sup>ns</sup>	3	41.902,73 <sup>ns</sup>	438.435,24 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	10.972,50	6	48.070,89	2.525.531,54
Épocas de Irrigação	3	41.956,98 <sup>*</sup>	4	54.330,08 <sup>ns</sup>	11.455.925,19 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	6	9.433,75	8	60.056,86	16.396.384,47
Parcelamento *	9	17.782,93 <sup>ns</sup>	12	30.571,20 <sup>ns</sup>	5.392.423,93 <sup>ns</sup>
Épocas					
Resíduo (c)	18	22.700,84	24	171.136,19	15.149.614,65
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>115.329,63</b>	<b>59</b>	<b>410.963,33</b>	<b>54.892.835,15</b>
CV 1 (%)		31,76		58,52	116,37
CV 2 (%)		29,45		56,64	256,78
CV 3 (%)		26,37		55,20	142,50

<sup>ns</sup> Não significativo; \* Significativo a 5%; \*\* Significativo a 1%.

TABELA 24. Comparação de médias (método de Tukey) para o custo de produção por saca beneficiada (CP/sc) e custo de produção relativo em porcentagem (CPR) da safra 1997/88. UFLA, Lavras, MG.

	Épocas de irrigação			
	A	B	C	D
CP/sc (R\$)	91,10 a	132,31 ab	174,04 b	141,20 ab
CPR (%)	<b>100,00</b>	145,24	191,04	154,99

Valores acompanhados de mesma letra não diferem estatisticamente.

Pela comparação de médias, presente na Tabela 24, fica claro que, a época de irrigação A (R\$91,10/sc) não diferiu das épocas B (R\$132,31/sc) e D (R\$141,20/sc). Estas não diferiram da época C (R\$174,04/sc), sendo que a época de irrigação A (a partir de 01/06) propiciou o menor custo de produção, e a época de irrigação C (a partir de 10/09) apresentou o maior custo, que foi 91,04% superior ao da época A.

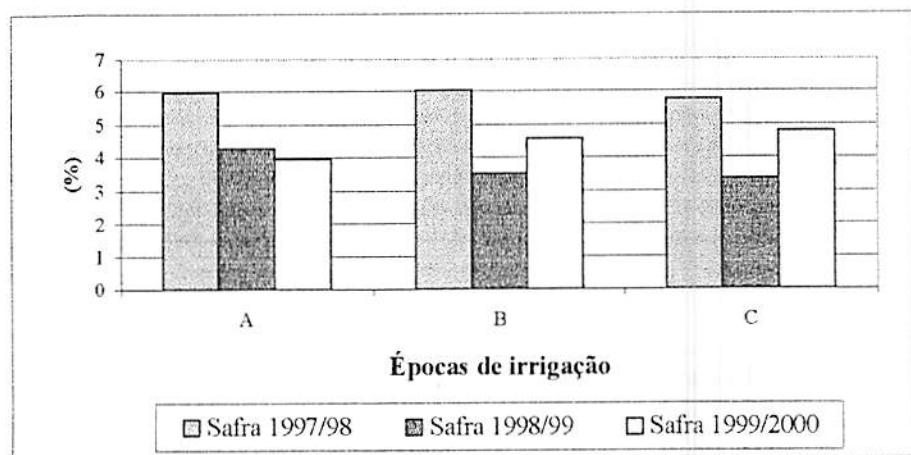


FIGURA 7. Contribuição do custo da irrigação (%) para o custo total de produção, relativo às três safras analisadas. UFLA, Lavras, MG.

A Figura 7 mostra que no ano agrícola 1997/98, a irrigação representou cerca de 6% do custo de produção. Já nas safras 1998/99 e 1999/2000, a irrigação representou em torno de 4% do custo de produção. Estes números mostram de forma clara que a irrigação não onera de forma significativa o custo de produção.

A análise da Figura 8 permite constatar o fato de que o adubo de fertirrigação é o principal agente da elevação do custo de produção dos tratamentos A, B, C e D em relação ao do tratamento E. Isto ocorreu porque o

adubo da fertirrigação participou com cerca de 60% do custo de produção em todas situações estudadas, enquanto o adubo utilizado no tratamento E representou apenas cerca de 30% do custo de produção. Porque neste tratamento, os fatores condução da lavoura e colheita, principalmente, contribuíram em maior parte do custo de produção.

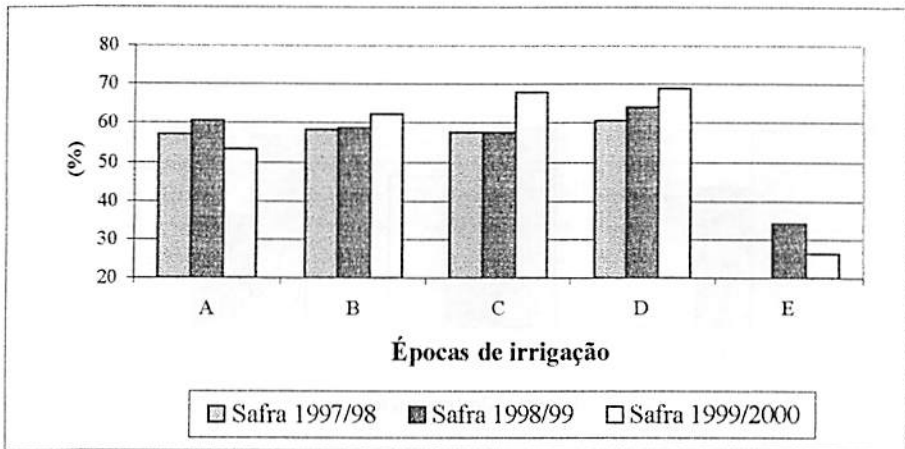


FIGURA 8. Contribuição do custo do adubo (%) para a composição do custo total de produção, relativo às três safras analisadas. UFLA, Lavras, MG.

As Figuras 9 e 10 têm como finalidade fazer uma comparação entre o custo de se aplicar o fertilizante via água de irrigação e o da aplicação manual. Pela Figura 9 nota-se que o custo da aplicação é o mesmo para os tratamentos A, B e C. Isto ocorreu devido ao fato de que, mesmo existindo diferentes parcelamentos de adubação, no final, tanto o tempo de aplicação como a lâmina aplicada resultam nos mesmos valores. Na safra 1999/2000, o montante gasto com a aplicação de fertilizantes nos tratamentos irrigados foi bem menor que o valor gasto nas demais safras. Isto ocorreu em função de uma troca do sistema



de injeção de fertilizante (vide material e métodos), por outro com maior taxa de injeção de fertilizante. Verificou-se também um decréscimo no valor gasto para se fazer a aplicação manual de fertilizantes (tratamentos D e E), devido a uma redução no valor pago pela mão-de-obra.

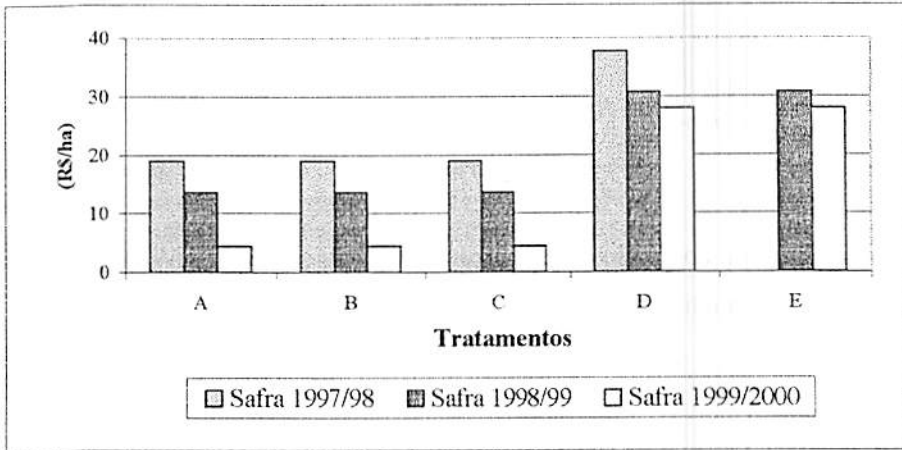


FIGURA 9. Custo da aplicação dos fertilizantes (R\$) para as três safras analisadas. UFLA, Lavras, MG.

Quando o valor gasto para aplicar fertilizantes nos tratamentos fertirrigados na safra 1999/2000 (R\$5,00) é comparado com o valor gasto com aplicação manual (R\$29,00) verifica-se um custo quase seis vezes menor. Quando se compara o valor gasto na fertirrigação com o valor gasto nas doze aplicações manuais da parcela P1, esta diferença se torna maior ainda (Figura 10), permitindo concluir que, fertirrigar além de possibilitar uma eficiência de aplicação maior, é melhor economicamente do aplicar manualmente o fertilizante.

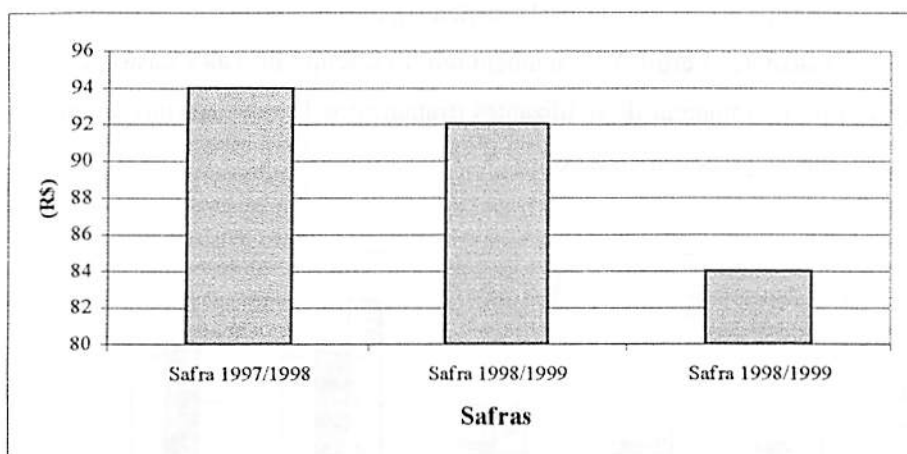


FIGURA 10. Custo da aplicação dos fertilizantes (R\$) na parcela P1 para as três safras analisadas. UFLA, Lavras, MG.

## 5 CONCLUSÕES

### Quanto à irrigação:

- a irrigação a partir de 01/06 é recomendada, pois apresentou a melhor média de produtividade;
- a irrigação não eliminou o efeito do ciclo bienal da produtividade da cultura, mas concorreu para a sua redução.

### Quanto a fertirrigar:

- a forma de se aplicar o fertilizante e o número de parcelamentos não provocaram diferenças na produtividade do cafeeiro;
- irrigando-se a partir de 01/06, a recomendação recai sobre doze fertirrigações, já que este também se portou melhor em duas das três safras estudadas.

### Quanto à viabilidade econômica:

- apenas para a condição de menor custo de produção associada à maior produtividade obtida é que torna-se viável economicamente a utilização da irrigação e da fertirrigação, considerando-se os preços obtidos para o café na atualidade;
- as fontes de nutrientes solúveis usadas na fertirrigação oneram consideravelmente o custo de produção da cultura.
- recomendam-se novos estudos utilizando fontes alternativas de fertilizantes solúveis e, até mesmo, a avaliação da irrigação associada à adubação convencional.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALÈGRE, C. Climatis et caféiers d'Arabie. *Agronomie Topicale*, Paris, v.14, p.23-58, 1959.
- ALVES, M.E.B. Respostas do cafeeiro (*coffea arabica* L.) a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. Lavras: UFLA, 1999. 94p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Agrícola).
- ANTUNES, R.C.B.; MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.R.; RENA, A.B.; BONOMO, R. Área de observação e pesquisa em cafeicultura irrigada na região das vertentes de Minas Gerais – resultados de 1998/2000. In: I SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. Resumos Expandidos... Brasília, DF: Embrapa Café e Minasplan, 2000. v.2, p.823-826.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ, Rio de Janeiro: Coffee Business, 2001. 161p.
- 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. Piracicaba: ESALQ/SP, 1982. 87p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia/Fitotecnia).
- BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 5.ed. Viçosa: UFV – Imprensa Universitária, 1989. 596p.
- 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... UFU/DEAGRO: Uberlândia, MG, 1998. p.79-83.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas 1961-1990. Brasília, 1992. 84p.

- BRITO, R.A.L.; SCALOPPI, E.J. Estimativa de custos da irrigação por aspersão no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7., 1986, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: ABID, 1986. v.3, p.879-898.
- CAMARGO A.P. de. Efeitos na produção de café, épocas de rega e de supressão da água, por meio de cobertura transparente (barçaça). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 11., 1984, Londrina. Resumos ... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1984. p.62-64.
- CAMARGO, A.P. Necessidades hídricas do cafeeiro. In: CURSO PRÁTICO INTERNACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 1989. 22p.
- CASTRO NETO, P. Veranico: um problema de seca no período chuvoso. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.12, n.138, p.59-62, 1986.
- CASTRO NETO, P.; VILELA, E. de A. Veranico: um problema de seca no período chuvoso. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.12, n.138, p.59-52, 1986.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação. Lavras, 1989. 176p.
- DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO E ECONOMIA. Custos de produção da cafeicultura no sul de Minas Gerais. Lavras, MG, 2000. 16p.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Tradução H.R. Gheyi et al. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. Tradução de: Yield Response to Water (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- FAO. Agroclimatological data for Latin America and Caribbean. Roma, 1985. (FAO coleção Produção e Proteção Vegetal, v.24).
- FARIA, M.A. de; VILELLA, W.M. da C.; SILVA, M. de L.O. e; 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, MG. Anais... Uberlândia: UFU/DEAGRO, 2001. p.11-14.

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; DRUMOND, L.C.D.; LESSI, R. Irrigação e utilização de granulados de solo na produção do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2000, Poços de Caldas, MG. Resumos Expandidos... Brasília, DF: Embrapa Café e Minasplan, 2000. v.2, p.957-959.

FRANCISCO, W. *Matemática financeira*. São Paulo: Atlas, 1981.351p.

FREIRE, A.C.; MIGUEL, A.E. Disponibilidade de água no solo, no período de 1974 a 1984 e seus reflexos na granação, qualidade e rendimento do café nos anos de 1983 e 1984, na região de Varginha – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 11., 1984, Londrina. Anais... Londrina, 1984. p.113 – 114.

FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; FREITAS, H.A.C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô central, em cultura de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. *Engenharia Rural*, v.5, n.1, p.34-53, 1994.

GOMIDE, R.L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. *Trabalhos Apresentados...* Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.133-238. Simpósio “Manejo da Irrigação”

GOPAL, N.H. Some physiological factors to be considered for stabilization of arabica coffee production in South India. *Indian Coffee*, Bangalore, v.38, p.217-221, 1974.

GROHMANN, F.; CAMARGO, A.P. de; DESSIMONI, L.M. Consumo da água disponível do solo nas diferentes fases fenológicas do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10., 1983, Poços de Caldas. *Anais ...* Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.33-4.

GUIMARÃES, P.T.G.; BARTHOLLO, G.F.; MELLES, C.C.A; ALVARENGA, M.P. O acompanhamento de lavouras de café. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.14, n.162, p.12-25, 1989.

HAARER, A.E. *Modern Coffee production*. London: Leonard hill, 1962. 495p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. *Cultura de café no Brasil: manual de recomendações*. 4.ed. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1981. 503p.

- JUNQUEIRA, A.M.R.; OLIVEIRA, C.A. da S.; VALADÃO, L.T. Fabricação "caseira" de tensiômetros de boa performance e baixo custo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de caldas. Anais...Lavras: UFLA/SBEA, 1998. v.1, p.253-255.
- MATIELLO, J.B.; MIGUEL, A.E.; VIEIRA, E.; ARANHA, E. Novas observações sobre os efeitos hídricos no pegamento da florada de cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 21., 1995. Caxambu. Anais... Caxambu, 1995. p.60.
- MEDCALF, V.C.; LOTT, W.L.; TEETER, P.B.; QUINN, L.R. Programa experimental no Brasil. IBEC Research Institute, v.6, p.24-31, 1956.
- MENDONÇA, F.C. Evolução dos custos e avaliação econômica de sistemas de irrigação usados na cafeicultura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 3., 2000, Araguari. Palestras...UFU/DEAGRO: Uberlândia - MG, 2001. v.1, p.45-78.
- MIGUEL, A.E.; FRANCO, C.M.; MATIELLO, J.B.; ARAÚJO NETO, K. A influência do déficit hídrico em diferentes épocas após a floração, no desenvolvimento de frutos de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 4., 1976, Caxambu. Anais... Caxambu, 1976. p.184-187.
- OLITTA, A.F.L. Os métodos de Irrigação. São Paulo: Nobel, 1981. 267p.
- PIZZARO CABELLO, F. Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF): goteo, microaspresión, exudación. 3.ed. ver. ampl. Madri: Ediciones Mundi Prensa, 1996. 513p.
- REIS, G.N. dos; MIGUEL, A.E.; OLIVEIRA, J.A.de. Efeito da irrigação, em presença e ausência de adubação NPK, em cafeeiros em produção - Resultado de 3 produções.Caratinga - MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 16., 1990, Espírito Santo do Pinhal. Anais... Espírito Santo do Pinhal , 1990. p.19-21.
- RENA, A.B.; MAESTRI, M. Ecofisiologia do cafeeiro. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FÓSFORO. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba, SP, 1987. 249p.

- SANTINATO, R. Avanços da tecnologia de irrigação na cultura do café. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 3., 2000, Araguari. Palestras... Uberlândia: UFU/DEAGRO, 2001. v.1, p.79-92.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T.; FERNANDES, D.R. Irrigação na cultura do café. Campinas: Arbore, 1996. 146p.
- SEBRAE. Diagnóstico da cafeicultura em Minas Gerais. Belo Horizonte: FAEMG, 1996. 52p. (Relatório de Pesquisa)
- SILVA, A.M. Estudo do potencial hidroclimático para fins agrícolas. Lavras: UFLA, 1992. 53p. (Relatório de pesquisa/CNPq. Processo n.º 402364/91-0)
- 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.; MANTOVANI, E.C.; RENA, A.B.; SOARES, A.A.; BONOMO, R. Produtividade do cafeeiro fertirrigado com fontes de nitrogênio e potássio na região de Viçosa, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4., 2001, Araguari. Viçosa: UFV, 2001. p.84-89. (Boletim Técnico, v.1)
- SORICE, L.S.D. Irrigação e fertirrigação de cafeeiros em produção. Lavras: UFLA, 1999. 59p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Agrícola)
- THOMPSON, G.T.; SPIESS, L.B.; KRIDER, J.N. Farm resources and system selection. In: JENSEN, M.E. (ed.). Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph: ASAE, 1983. p.45-76. (Monograph, 3)
- WEILL, M. de, A.M.; IAFFE, A.; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E.; GRANJA, N. Variabilidade da produção de café em um ensaio em Pindorama, SP. In: I SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2000, Poços de Caldas-MG. Resumos Expandidos... Brasília, DF: Embrapa Café e Minasplan, 2000. v.2, p.779-781.