



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO DE
CAFEEIROS EM PRODUÇÃO**

LEONARDO SANTOS DUMONT SORICE

1999

CIRCUIT OF MINDS

48940

MFN 34279

LEONARDO SANTOS DUMONT SORICE

IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO DE CAFEEIROS EM PRODUÇÃO

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
1999**

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

Sorice, Leonardo Santos Dumont

**Irrigação e fertirrigação de cafeeiros em produção /Leonardo Santos
Dumont Sorice. – Lavras : UFLA, 1999.**

59 p. : il.

Orientador: Antônio Marciano da Silva.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

**1. Irrigação. 2. Fertirrigação. 3. Café. 4. Produção. 5. Bebida – Qualidade. 6.
Manejo de irrigação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

**CDD-633.7387
-633.738916**

LEONARDO SANTOS DUMONT SORICE

IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO DE CAFEEIROS EM PRODUÇÃO

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 23 de Dezembro de 1999

Pesq. Enilson de Barros Silva

EPAMIG

Prof. Elio Lemos da Silva

UFLA

Prof. Rubens José Guimarães

UFLA



Prof. Dr. Antônio Marciano da Silva

UFLA

(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

A DEUS, por iluminar todos os passos de minha vida, e por permitir chegar sempre onde sonhei.

Aos meus PAIS, que sempre acreditaram em minha capacidade e apoiaram todas as minhas decisões.

A TODOS que de uma maneira ou de outra me ajudaram a obter este título na minha vida.

Obrigado, DEUS!

Obrigado, Pai!

Obrigado, Mãe!

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais, pela convivência, apoio e ensinamentos durante a graduação e pós-graduação.

Ao Departamento de Engenharia da UFLA pelo bom relacionamento profissional e de amizade junto aos professores e funcionários.

Ao meu orientador e grande amigo, Professor Antônio Marciano da Silva, que além de orientar nos meus trabalhos, sempre me ajudou a tomar decisões importantes e definitivas em minha vida.

Ao meu co-orientador e também Professor Rubens José Guimarães pelos conhecimentos e informações transmitidos durante todo o tempo que passamos juntos nos estudos deste trabalho, e em decisões profissionais definitivas em minha vida.

À Fundação de Apoio Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas de pós-graduação, em especial Flávio Godinho, pela convivência, paciência, amizade, ajuda, apoio e sugestões em meus estudos durante o período que passamos juntos.

Aos professores Rubem Delly Veiga, Fátima Conceição Rezende e Maria Laene Moreira de Carvalho que sempre estiveram presentes auxiliando meus trabalhos, além é claro da grande amizade cultivada.

Ao Enilson de Barros Silva, pelo auxílio na análise estatística e pela amizade estabelecida.

Aos funcionários do Laboratório de Hidráulica, Tânia, “Seu Berg”, “Neném” pela compreensão, ajuda e apoio durante a execução e coleta de dados do experimento.

Aos amigos Jarlissom e Gilberto pela paciência, dedicação dia após dia nos momentos bons e difíceis.

Aos funcionários da Fazenda Vitorinha, especialmente João Lafaiete, que sempre se colocaram a disposição para atender minhas solicitações e necessidades.

Aos meus novos amigos e colegas de profissão, em especial ao Professor Luiz Lima, Edson Silva, e todo o corpo profissional da Cooxupé de Monte Carmelo, pela oportunidade de fazermos parte de uma grande equipe e de poder ampliar meus horizontes de conhecimento.

A todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Leonardo Santos Dumont Sorice, filho de Braz Sorice Netto e Maria Eugênia Santos Dumont Sorice, nasceu em 04 de março de 1972 em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Em setembro de 1996 graduou-se no curso de Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras, onde foi bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica / CNPq – PIBIC, no período de junho de 1994 a junho de 1996.

Imediatamente após graduar-se iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola com área de concentração em Irrigação e Drenagem, também na Universidade Federal de Lavras, defendendo a dissertação no dia 23 de dezembro de 1999.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	04
2.1 Sensibilidade do cafeeiro ao déficit hídrico.....	04
2.2 Nutrição e adubação do cafeeiro.....	07
2.3 Resultados experimentais obtidos com a irrigação do cafeeiro.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Localização e características da área experimental.....	15
3.2 Características físico-química do solo experimental.....	17
3.3 Sistema de irrigação.....	19
3.4 Delineamento experimental.....	20
3.5 Manejo do experimento.....	21
3.6 Avaliação.....	24
3.7 Análise estatística.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1 Produção de café no pano (PCP), no chão (PCC) e total (PCT).....	27
4.2 Porcentagem de café bóia no pano (PBP), no chão (PBC) e frutos verdes (PFV).....	29
4.3 Características químicas do solo.....	31
4.4 Características qualitativas dos grãos de café beneficiados.....	39
5 CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

RESUMO

SORICE, Leonardo Santos Dumont. **Irrigação e Fertirrigação de Cafeeiros em Produção**. Lavras: UFLA, 1999. 59 p. (Dissertação - Mestrado – Engenharia Agrícola / Irrigação e Drenagem)*.

Em experimento instalado numa lavoura de café Catuaí cultivado há 12 anos na Fazenda Múquem - FAEPE/UFLA, localizada em Lavras MG, com espaçamento de 3,5m entre linhas e 1m entre plantas, analisou-se o efeito de parcelamento da adubação inclusive via fertirrigação e da época de início da irrigação sobre a produtividade e qualidade do produto dos cafeeiros. O delineamento experimental apresentou 4 blocos, constituídos de 4 parcelas casualizadas, representando as condições de parcelamento (P4 = 36; P3 = 24; P2 = 12, parcelamentos via fertirrigação e P1 = 12 parcelamentos via aplicação manual). Cada parcela foi subdividida em 4 subparcelas sem casualização representando épocas de início de irrigação (A = 01/06; B = 15/07; C = 01/09 e D correspondem à testemunha, sem irrigação e adubação parcelada em 4 vezes). A produtividade da cultura (safra 97/98) foi analisada considerando-se café beneficiado colhido por derriça no pano, café colhido no chão e o somatório destes. Os dados de pesagem obtidos foram submetidos a análise de variância e teste de comparação de médias. Da análise de variância constatou-se efeito significativo para parcelamento de fertirrigação e época de início de irrigação do cafeeiro, não existindo efeito significativo para a interação destes. O teste de comparação de médias mostrou que a parcela que recebeu 36 parcelamentos de fertirrigação (P4) produziu 106% a mais na quantidade de café no pano em relação à testemunha; com relação a época de início da irrigação nota-se que a subparcela que teve sua irrigação iniciada em 1º de junho apresentou um aumento na produção (120%) em relação à testemunha. Para os tratamentos que receberam maiores lâminas de irrigação, a desuniformidade de maturação dos frutos foi superior, tendo uma elevada porcentagem de frutos verdes (233 e 98% em relação à testemunha) e em contrapartida reduzindo o número de grãos chochos e/ou secos (65, 58 e 25% em relação à testemunha). Quanto à qualidade de bebida o tratamento que recebeu 24 parcelamentos com as irrigações iniciadas em junho (P3E1), proporcionou melhor qualidade de bebida (mole e apenas mole), além de apresentar melhor resposta na porcentagem de peneira igual ou superior a 16, que é a mais importante para a comercialização do café.

* Comitê de orientação: Antônio Marciano da Silva - UFLA (Orientador), Enilson de Barros Silva - EPAMIG, Rubens José Guimarães – UFLA

ABSTRACT

SORICE, Leonardo Santos Dumont. **Irrigation and Fertirrigation of Coffee Plant in Production.** Lavras: UFLA, 1999. 59 p.*.

In experiment set in a Catuaí coffee crop cultivated twelve years ago on Múquem Farm - FAEPE/UFLA, in Lavras MG, with spacing of 3,5m among the lines and 1 m among plants, the effect of adubation splitting, adubation via fertirrigation as well as the start of irrigation period included, was observed. The experimental design comprises four blocks featuring four randomized portions wich represent the splitting conditions (P4 = 36; P3 = 24; P2 = 12, splitting through fertirrigation and P1 = 12 manual splitting). Each portion was subdivided into four subportions without randomization representing times of irrigation starts (A = 01/06; B = 15/07; C = 01/09 and D representing the "witness", without irrigation or adubation parceled out in four times). The productivity of the culture (crop 97/98) was analyzed by considered processed coffee harvested by stripping on the cloth, samples picked from the ground and the sum of these. The data on weight obtained was submitted to the variance analysis and tests of comparison of averages. From the variance analysis significant effect is observed as for the fertirrigation splitting as well as for the star of coffee plants' irrigation period, without the existence of significant effects from the interaction the interaction between both. The comparison of averages test showed that the portion with 36 fertirrigation splitting (P4) produced 106% more of coffee on the cloth than witness. As for the time of the beginning of the irrigation period it was observed that the subportions which had its irrigation started on June 1st produced 120% more as compared to the witness. Plots on which larger quantities of water were applied presented non-uniformity on fruit ripen, featuring a high percentage of green fruits (233 and 98% higher than witness). On the other hand the number of plots with empty or dry fruits reduced to 65, 58 and 25% compared to witness. As for the quality of the coffee beverage test, the plot on which fertirrigation was splitted into 24 applications and whose irrigation was initiated in June (P3E1), fared the best results (soft and softy only). For this plot, it was also observed that the percentage of grains retained on the screen was higher than 16, a well desired feature in coffee business.

* Guidance Committee: Antônio Marciano da Silva - UFLA (Major Professor), Emilson de Barros Silva - EPAMIG, Rubens José Guimarães - UFLA

1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro é uma planta originária do continente africano, dos altiplanos úmidos e amenos da Etiópia, em área situada entre 1400 e 1800 metros de altitude e entre 6 e 9º de latitude norte (Krug, 1959).

As espécies de café *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre são as únicas que têm seu produto comercial cotado internacionalmente e de grande importância sócio-econômica, sendo comumente chamadas por “Café Arábica” e “Café Robusta”, respectivamente.

O café arábica possui qualidade superior e corresponde aproximadamente a 75% do café comercializado no mundo sendo produzido principalmente na América do Sul e Central.

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café sendo responsável por cerca de 25% das exportações mundiais atualmente, além de tornar-se o segundo mercado consumidor, depois dos Estados Unidos da América, podendo igualá-lo na próxima década. A comercialização em nível mundial movimenta considerável soma de dinheiro, sendo o comércio que se situa em segundo lugar internacionalmente, perdendo apenas para o petróleo. No Brasil a receita cambial gerada pelo café corresponde aproximadamente a 6% das exportações (Anuário..., 1997).

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 a suas condições de clima e solo favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

A irrigação das lavouras tem sido uma prática adotada pelos cafeicultores com o propósito de implantar novas tecnologias de produção nas

diversas regiões produtoras do País, e principalmente onde o déficit hídrico chega a comprometer o desenvolvimento e a produção do cafeeiro.

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

Apesar do déficit hídrico não ser normalmente um fator limitante para a cultura do cafeeiro na região Sul de Minas Gerais, a sua ocorrência em certas fases do ciclo fenológico pode comprometer a produtividade. A adoção da irrigação pode minimizar os efeitos de estiagens ocasionais, além, de permitir a quimigação, viabilizando e otimizando a aplicação de produtos químicos, via água de irrigação, liberando o maquinário e/ou mão-de-obra para outras atividades produtivas da propriedade.

Quimigação é a aplicação de produtos químicos via água de irrigação e a fertirrigação se refere a aplicação de fertilizantes caracterizando-se como uma das formas mais comuns de quimigação.

A utilização da fertirrigação oferece inúmeras vantagens em comparação com o método convencional de aplicação de fertilizantes. Entre as principais vantagens pode-se destacar a não compactação do solo e o fim de injúrias mecânicas nas plantas, causadas pela necessidade de entrada de equipamentos pesados nas áreas de cultivos para promover a adubação com os 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.

Irrigação e fertirrigação juntas são práticas modernas de condução de lavouras cafeeiras, que poderão contribuir para elevar a produtividade em áreas onde o déficit hídrico é fator limitante e mesmo em áreas onde este não existe, em função de uma melhor nutrição das plantas.

No Brasil, a fertirrigação vem se firmando como uma técnica muito promissora, principalmente entre os proprietários de sistemas de irrigação localizada e pivô central.

Há uma grande demanda de pesquisas para a cafeicultura irrigada nas diversas regiões produtoras do País e as poucas informações existentes nem sempre são fundamentadas em metodologia científica que respalde os dados observados, levando-se, assim, a alguns questionamentos sobre o efeito da irrigação no cafeeiro.

Objetivou-se com este trabalho a implantação de um sistema de irrigação por gotejamento em uma lavoura de café em fase de produção, na região de Lavras, Sul de Minas Gerais, para analisar o efeito da época de iniciar a irrigação e do número ideal de parcelamentos de fertirrigação (nitrogênio, fósforo e potássio) na produtividade, uniformidade de maturação e na qualidade da bebida de café.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sensibilidade do cafeeiro ao déficit hídrico

O cafeeiro é uma planta bastante tolerante quanto a 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 ela não se estende até a fase de floração (IBC, 1981 e Haarer, 1962). Quando o solo tem capacidade de reter boa reserva de água na zona radicular, o cafeeiro vegeta e produz satisfatoriamente até o limite de 200 mm de déficit hídrico (IBC, 1981).

Períodos secos parecem ser importantes para o crescimento da raiz, para a maturação dos ramos formados na estação chuvosa precedente, para a diferenciação floral e maturação dos frutos (Haarer, 1962). Em contrapartida, chuvas ao longo de todo o ano, não permitem que as gemas florais do cafeeiro experimentem um período de repouso durante o seu desenvolvimento, o que é indispensável para que ocorra a floração sincronizada em certas épocas.

A irrigação é uma técnica recomendada para regiões classificadas climaticamente como marginais ou inaptas à cafeicultura, onde o déficit hídrico chega a comprometer o desenvolvimento da cultura. Algumas áreas no centro sul do país apresentam características edáficas excelentes, como no Cerrado de Minas Gerais; entretanto as condições climáticas nem sempre são adequadas, particularmente no tocante à distribuição das precipitações pluviais, havendo necessidade de se adotar a irrigação em virtude da ocorrência de déficit hídrico no período crítico da cultura. Porém, em outras áreas, como no Sul de Minas, a irrigação ainda não é uma prática recomendada extensivamente, pois, trata-se de região climaticamente apta à cafeicultura, conforme dados de Camargo (1989).

Entretanto, regiões aptas ao cultivo do café podem sofrer o efeito de estiagens prolongadas nos períodos críticos de demanda de água pela cultura, provocando a queda de produtividade, que aliada ao elevado custo de manejo da lavoura reduz o lucro do produtor.

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 aptas ao cafeeiro, a planta poderá sofrer danos no seu crescimento e/ou produção, com a ocorrência de veranicos durante a estação chuvosa.

Na região Sul as condições climáticas, caracterizadas por estação chuvosa de primavera-verão e relativamente seca de outono-inverno favorecem a frutificação mais uniforme e a produção do cafeeiro. De acordo com Camargo (1989), a interação entre a fenologia de frutificação do cafeeiro e o efeito das deficiências hídricas do cafeeiro arábica no hemisfério sul, em latitudes superiores a 4º, podem ser caracterizados da seguinte forma: granação (fase crítica), vai de janeiro a março; maturação e gemação (fase crítica) em abril, maio e junho; dormência (fase não crítica) em julho, agosto e setembro; frutificação e expansão (fase crítica) em outubro, novembro e dezembro. Segundo o mesmo autor, a ocorrência de estiagens ocasionais e deficiências hídricas acentuadas na fase de frutificação ou expansão, afetam o crescimento dos grãos; se ocorrerem na fase de granação, quando os frutos estão se solidificando internamente, eles poderão ficar chochos ou mal granados.

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, (Matiello et al., 1995). 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 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.

Nas regiões com déficit hídrico anual superior a 150 ou 200 mm (áreas marginais) ou naquelas onde ocorrem veranicos freqüentes, o enfolhamento das plantas, a frutificação e a granação ficam prejudicados, sendo preciso utilizar irrigações que suplementem, nos períodos críticos, a água necessária, (Matiello et al., 1995).

Estudos de balanços hídricos nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil e do mundo indicam que o cafeeiro arábica suporta até 150 mm/ano de deficiência hídrica, 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).

Miguel et al. (1976) observaram que as plantas que foram irrigadas ininterruptamente durante 28 semanas após a floração, apresentaram menor porcentagem de frutos chochos, em relação aos tratamentos que foram submetidos a déficit hídrico por períodos de 30 dias, ao longo das 28 semanas.

Matiello et al. (1995) observaram no Sul de Minas Gerais e Estado do Rio de Janeiro, no período de 94/95, em café Arábica e Canephora, o abortamento dos botões florais antes de sua abertura, após chuvas insuficientes,

de 3 a 8 mm, que provocam o crescimento inicial desses que, no entanto, não chegam a abrir e secam.

De acordo com Sobrinho, Miguel e Matiello (1985) o abortamento da florada, englobando botões florais não abertos, flores abertas e secas e formação de “estrelinhas” foi um fenômeno típico e marcante de déficit hídrico elevado, atingindo valores superiores a 50%. Com a irrigação, reduziu-se de 57% a menos de 5% ou até praticamente 0% , a percentagem de flores “estrelinhas” (Rena e Maestri, 1987).

Freire e Miguel (1984) verificaram em Varginha (MG), no ano de 1984, que quando os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram baixas precipitações pluvias e temperaturas médias elevadas, foi constatada a incidência de frutos chochos variando de 25 a 40%, quando, em anos normais de chuva, este índice fica em torno de 10%.

Na região de Lavras, Peron e Castro Neto citado por Castro Neto e Vilela (1986) verificaram que os veranicos ocorrem com grande frequência na segunda quinzena de outubro e primeira quinzena de novembro. Afirmam ainda, em média, ocorrer, anualmente, um veranico com duração igual ou maior que 12 dias. É comum, também, a ocorrência de veranicos com duração de 10 dias ou mais nos meses de janeiro e fevereiro, conforme ocorrido em janeiro de 1996. Para a mesma região, Silva (1992) demonstra que para períodos de 10 dias e nível de probabilidade de 75%, a precipitação provável entre os meses de abril a outubro é baixa (sendo nula no período compreendido entre o 2º decênio de abril e 2º decênio de setembro) indicando a necessidade de irrigação para suprir a demanda da cultura.

2.2 Nutrição e adubação do cafeeiro

A quimigação seria uma das formas de minimizar os custos operacionais da lavoura irrigada. Comparações de custo de diferentes esquemas de quimigação, em relação aos sistemas convencionais, foram realizadas por Threadgill (1985). Verificou-se que a quimigação torna-se mais barata quando usada duas ou mais vezes anualmente, e que a economia resultante geralmente cresce quando se aumenta o número de aplicações anuais dependendo da combinação de produtos químicos aplicados. Pode ser realizada em qualquer hora do dia ou da noite e em condições climáticas que impossibilitariam o uso de trator e avião.

No Brasil, a fertirrigação, vem se firmando como uma técnica muito promissora, principalmente entre os proprietários de sistemas de irrigação por métodos pressurizados (aspersão e localizada), devido ao fato de que através deles a água é conduzida e aplicada através de condutos fechados e sob pressão permitindo melhor controle.

Os níveis ou doses de nutrientes para o cafeeiro irrigado em geral têm sido os mesmos para o cafeeiro sem irrigação. Entretanto, pelo desenvolvimento mais rápido, principalmente na fase de formação do cafeeiro, os níveis de adubação exigidos superam os níveis para o cafeeiro não irrigado (Santinato, Fernandes e Fernandes, 1996). ?Referencia Bibliografica?

O cafeeiro tem alta exigência de nitrogênio (N). O suprimento adequado de nitrogênio, não havendo outros fatores limitantes, é evidenciado no desenvolvimento rápido, no aumento de ramificação dos galhos frutíferos e na formação de folhas verdes e brilhantes (Malavolta, Yamada e Aroaldo, 1981). De acordo com Dierendonck, citado por Malavolta (1986), existe uma relação direta entre o fornecimento de N e número de folhas no florescimento e número de gemas floríferas. Daí a necessidade de se cuidar do crescimento da área foliar mediante a adubação nitrogenada suficiente, o que acarretará maior produção de

amido e de outros carboidratos indispensáveis para a formação e o crescimento dos frutos.

Um fator que aumenta a severidade da falta de N é um período de seca intensa: menor umidade no solo diminui a mineralização da matéria orgânica e o caminhamento dos nitratos para a raiz pelo processo de fluxo de massa, (Malavolta, 1986).

De acordo com Coelho (1994), o nitrogênio é o elemento mais freqüentemente aplicado, via água de irrigação, pela sua solubilidade e por apresentar em relação aos outros nutrientes, alta mobilidade no solo e conseqüentemente, alto potencial de perdas, principalmente por lixiviação. Com o uso da fertirrigação, pode-se parcelar a aplicação dos fertilizantes nitrogenados de acordo com a demanda da cultura, reduzindo as perdas, sem onerar o custo de produção, e não provocando alterações em excesso nas relações N/P e N/K das folhas, que causam a diminuição da produção.

Conforme Malavolta (1986) existe uma correlação positiva, bastante íntima, entre o teor de K nas folhas e seu conteúdo de amido; baixando o nível de K diminui a produção de amido; como conseqüência o desenvolvimento da planta, aparecimento de novos ramos e novas folhas, diminui e as produções caem. Pensa-se até que o hábito bienal de produção do cafeeiro, pelo menos em parte, pode ser explicado com base nas variações no teor de amido dos tecidos: uma colheita consome as reservas desse carboidrato de modo que pouco fica disponível no ano seguinte para a vegetação e frutificação, daí a queda da colheita. A importância do K na produção de frutos é que uma reserva suficiente desse elemento tende a diminuir a quantidade de frutos chochos ("floats"), (Glander, 1958).

A aplicação de potássio junto com nitrogênio; via água de irrigação, já vem sendo muito utilizada. Segundo Vitti et al. (1993) citado por Coelho (1994), a aplicação de K através da fertirrigação praticamente não apresenta problema,

devido à alta solubilidade da maioria dos sais de potássio. De acordo com Coelho (1994), o ponto crucial é definir em que condições deve-se fazer o parcelamento desse nutriente.

A absorção de fósforo (P) segue a mesma tendência que a do N nas várias estações do ano, sendo mais intensa na estação chuvosa e na época de crescimento dos frutos. Quando a exigência de P é alta, como acontece quando a produção é bastante grande, o elemento é redistribuído das folhas adjacentes para o fruto, podendo então ocorrer desfolhamento (Malavolta, 1986).

A aplicação de fertilizantes fosfatados via água de irrigação é questionável devido à baixa difusão do elemento no solo. No entanto, pesquisas indicam que o P pode ser aplicado através da irrigação por gotejamento tanto em solos arenosos como argilosos, pois há um aumento na mobilidade devido à saturação dos sítios de absorção próximos ao ponto de saída da solução (Coelho, 1994).

Nas condições em que o café é cultivado no Brasil, o N é o elemento que mais limita as produções, devido a sua alta demanda pelo cafeeiro e a pobreza da maioria dos solos brasileiros nesse elemento. Em anos de alta produtividade ou em longos períodos de estiagem, na época quente do ano, essa deficiência assume importância que poderá afetar significativamente a produtividade dos cafezais. No conjunto fruto mais vegetação, o K aparece em 2^a lugar em quantidade imobilizada por ano. Nos estádios finais de granação e maturação dos frutos do café é grande a exigência de K. O P é um elemento exigido em pequenas quantidades e não há uma reação econômica do cafeeiro a esse elemento, mesmo em solos onde a análise revela baixo teor de fósforo solúvel (IBC, 1981).

Na região Sul de MG, as adubações com N e K, com aplicação manual ou mecanizada, são realizadas de outubro a março, em 3 a 4 parcelamentos e o P aplicado no início do período chuvoso (Mendes et al., 1995).

Santinato et al. (1989) em trabalho conduzido em Jaboticatubas - MG, com a variedade Catuaí Vermelho CH2077-2-5/99, verificaram que o tratamento que recebeu fertirrigação (adubação NK) constante foi superior aos tratamentos irrigado com quatro fertirrigações e irrigado com 4 adubações de cobertura. Os autores concluíram que a fertirrigação é o modo de adubar indicado para fornecimento de N e K ao cafeeiro irrigado por gotejamento, podendo ser feita no período de maior crescimento vegetativo e produtivo do cafeeiro.

É importante dizer que, independente do sistema de irrigação utilizado na fertirrigação, os nutrientes diluídos na água são aplicados de forma a infiltrar-se no solo, predominando a absorção radicular e não foliar.

2.3 Resultados experimentais obtidos com a irrigação do cafeeiro

A carência de informações sobre os verdadeiros efeitos da irrigação na produtividade do cafeeiro abrem campos de pesquisas para que se possam procurar resultados concretos e cientificamente alicerçados para a cafeicultura irrigada em áreas consideradas aptas e inaptas para este fim de exploração.

O primeiro ensaio de irrigação por infiltração, foi realizado por Lazzarini (1952), na Estação Experimental de Ribeirão Preto - SP, pertencente ao Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, em lavouras com 35 anos de idade, da variedade "Bourbon Vermelho", no período de 1944 a 1950. Foram obtidos aumentos de produção que variaram de 50 a 173%, com uma média nos 7 anos de 119%, em relação aos cafeeiros não irrigados. As irrigações não obedeceram critérios fixos quanto ao seu início, a quantidade de água e ao turno de rega.

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

aproximadamente 50% em três safras (1953 a 1955), sendo que em 1955, ano em que a precipitação foi muito baixa, o aumento da produção chegou a 126%.

Irrigações feitas pelo sistema de infiltração ou de sulcos, em trabalho realizado de 1951 a 1956 por Daniel (1957) no Instituto Agrônomico de Minas Gerais, em Belo Horizonte - MG, com lavouras novas das variedades Bourbon e Caturra com e sem sombreamento, permitiram concluir que nos 6 anos do experimento, a produção total de café, no período, sob o regime de irrigação foi menor do que a do não irrigado, o mesmo acontecendo com o sob sombreamento, em que se reduziu a produção.

Tosello e Reis (1961) em trabalhos realizados em lavouras velhas da variedade "Bourbon Vermelho", na Estação Experimental de Ribeirão Preto - SP, chegaram a conclusão que no período de 1954 a 1960, a irrigação só aumentou a produção nos anos secos de 1954 e 1955, enquanto nos outros anos, que foram mais chuvosos, as irrigações contribuíram para diminuir a produção, levando os autores a concluir que os elevados custos de investimento e operacional tornavam inviável a sua utilização.

Grohmann, Camargo e Dessimoni (1983) em experimento que avaliou o consumo de água pelo cafeeiro nas 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 na fase de chumbinho (outubro a janeiro), 82%. Nas fases de maturação e florada/abotoamento, o consumo caiu para 46 e 52%, respectivamente.

Reis, Miguel e Oliveira (1990) conduziram ensaio em Caratinga - MG, em cafeeiros da cultivar Catuaí, com 6 anos de idade. O critério de irrigação adotado foi o de repor ao solo no final de cada mês (de setembro a abril), a água consumida pela evapotranspiração, no período anterior a 30 dias, deduzida da recebida pela chuva, no mesmo período. A água de irrigação foi colocada sob a projeção da saia do cafeeiro. Verificaram a ocorrência de deficiência hídrica 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 - ETp (Precipitação - Evapotranspiração potencial) da média de 15 anos obtidos na região. Segundo os autores, tais fatos proporcionaram nos cafeeiros, uma diminuição no pegamento da florada, queda de frutos e comprometimento da granação, resultando em prejuízos nas produções dos anos de 1986 e 1987. Constataram que a irrigação proporcionou incremento da produção da ordem de 28%.

A influência da deficiência hídrica, em diferentes épocas após a floração, no desenvolvimento de frutos de café, foi estudada por Miguel et al. (1976) que observaram que o período no qual a falta de água foi mais crítica está compreendido entre 90 e 120 dias após o florescimento. Este período, em várias regiões cafeeiras do Brasil, coincide, geralmente, com os meses de janeiro e fevereiro, evidenciando a necessidade de irrigação suplementar, principalmente, nas áreas com maior probabilidade de ocorrência de veranicos. Trabalhos realizados em diferentes regiões do País, demonstraram que a deficiência hídrica, no referido período, resultaram 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).

Com o objetivo de determinar o período em que a falta de água é mais crítica para o crescimento do fruto do cafeeiro, Miguel; Reis; Oliveira, 1990, conduziram ensaio, cujos tratamentos consistiram na suspensão da irrigação, por 30 dias, em diferentes épocas após a floração. Em todos os tratamentos as plantas foram submetidas a um déficit hídrico na fase de abotoamento, o que promoveu um estímulo à florada, que foi abundante e uniforme. Observaram que a suspensão da irrigação por 30 dias em todos os períodos compreendidos entre a 12ª e 24ª semana depois da florada, afetou o desenvolvimento do fruto de café, mas o período em que a falta de água foi mais crítica, está compreendido entre a

12ª e 16ª semana. Foi constatado ainda, que a deficiência hídrica em janeiro afetou significativamente o rendimento do café, com gasto de 52% a mais em peso de café cereja para produzir uma mesma quantidade de café beneficiado.

Em trabalhos realizados pelo IAC (Instituto Agrônômico de Campinas), mencionados por Santinato, Fernandes e Fernandes, (1996) nas estações experimentais de Ribeirão Preto, Campinas e Pindorama, regiões com déficit hídricos inferiores a 100 mm/ano semelhante ao Sul de Minas Gerais e portanto consideradas sem a necessidade de irrigação, concluíram que a irrigação é compensatória somente em anos secos. Afirmaram ainda, que nos anos subsequentes aos anos da seca, os efeitos da irrigação eram maiores, apesar dos aumentos observados não apresentarem vantagens quanto à relação custo benefício, por ser esporádica a ocorrência de anos secos nesta região.

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

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido numa lavoura da cultivar Catuaí Vermelho (CH 2077-2-5-44) com 12 anos de idade, espaçamento de 3,5 x 1,0 m em uma área útil de experimento de 1792 m², cultivado na Fazenda Múquem de propriedade da FAEPE/UFLA, localizada em Lavras (MG), a uma altitude de 910 metros, latitude sul 21° 14' e longitude oeste de 45°00'. A temperatura média anual normal, a precipitação pluvial e a umidade relativa são, respectivamente, 19,4° C, 1529,7 mm e 76,2% (FAO, 1985). Cerca de 66% da precipitação ocorre no período de novembro a fevereiro, assim como, as maiores temperaturas médias mensais (Vilela e Ramalho, 1979).

O clima da região é caracterizado por temperado com inverno seco e verões brandos fazendo parte do grupo Cwb, de acordo com os critérios propostos por Koppen (Brasil, 1992). A temperatura e a precipitação média de todos os meses é maior que 15° C e 16 mm, respectivamente (Vilela e Ramalho, 1979).

Na Figura 1, encontra-se o balanço hídrico de Lavras - MG pelo método de Thornthwaite e Mather (1955). Observa-se excedentes hídricos nos meses chuvosos, sendo que o pequeno déficit hídrico no inverno, teoricamente é favorável e não chegaria a comprometer a produtividade do cafeeiro.

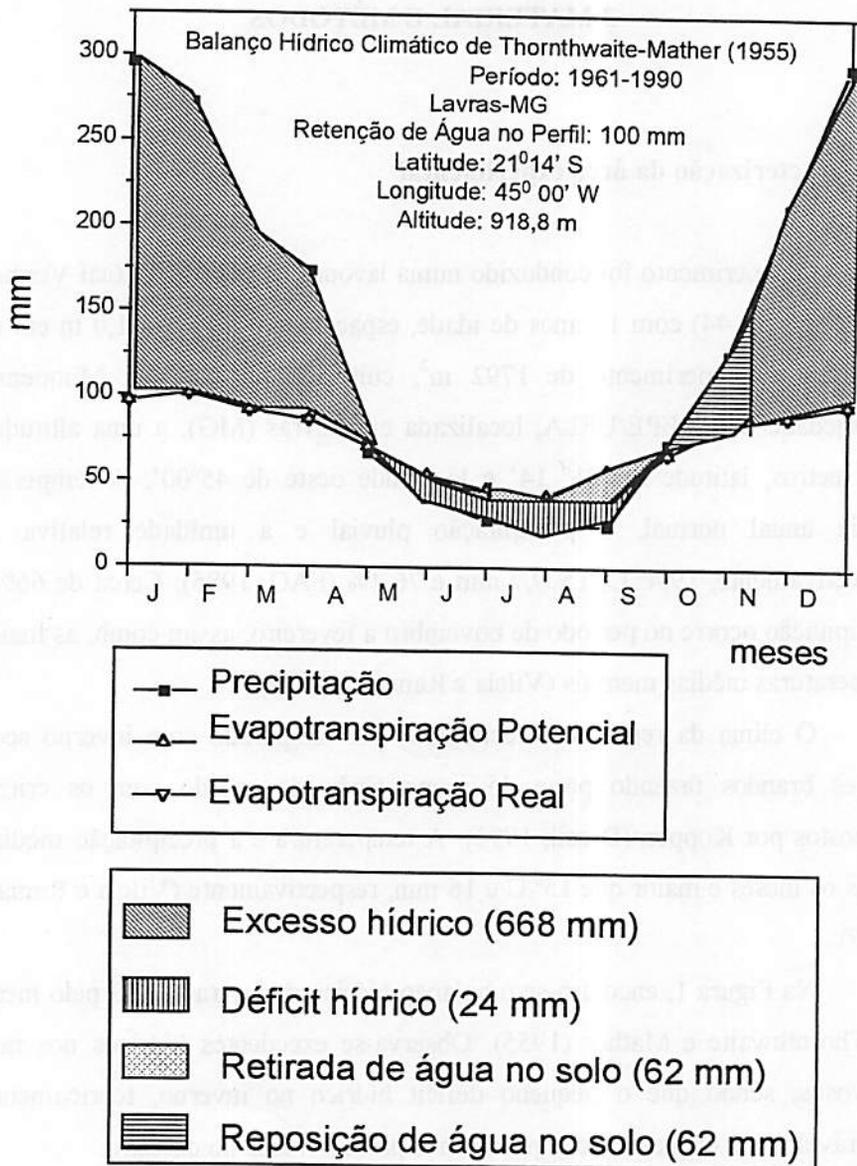


FIGURA 1. Balanço hídrico de Lavras - MG período de 1961-1990, segundo Thornthwaite e Mather (1955). Lavras, UFLA, 1999.

3.2 Características físico-química do solo experimental

As características físicas do solo experimental (Latosolo Vermelho Escuro) da área do ensaio foram determinadas através de análise realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Ciências do Solo da UFLA e são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1. Características físicas do solo experimental. UFLA, Lavras, MG, Agosto / 1998

Profundidade (cm)	Granulometria			Classe Textural	Densidade Global (g/cm ³)
	(%)				
	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

As curvas de retenção de água do solo foram determinadas no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia e são apresentadas na Figura 2, para três camadas do solo. Os resultados revelados na análise química do solo no decorrer dos anos agrícola 97/98 são mostrados na Tabela 2.

TABELA 2. Análises químicas do solo experimental, Safra 97/98. UFLA, Lavras, MG, Setembro / 1997

Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	M.O. (dag/kg)	K		P	Al	Ca ⁺²		Mg ⁺²	H+Al
			(mg/dm ³)				(cmolc/dm ³)			
0 – 20	5,5	2,28	82,5	11,5	0	4,5	0,93	7,9		
20 - 40	5,4	1,98	79,6	11,0	0	4,0	1,0	9,8		

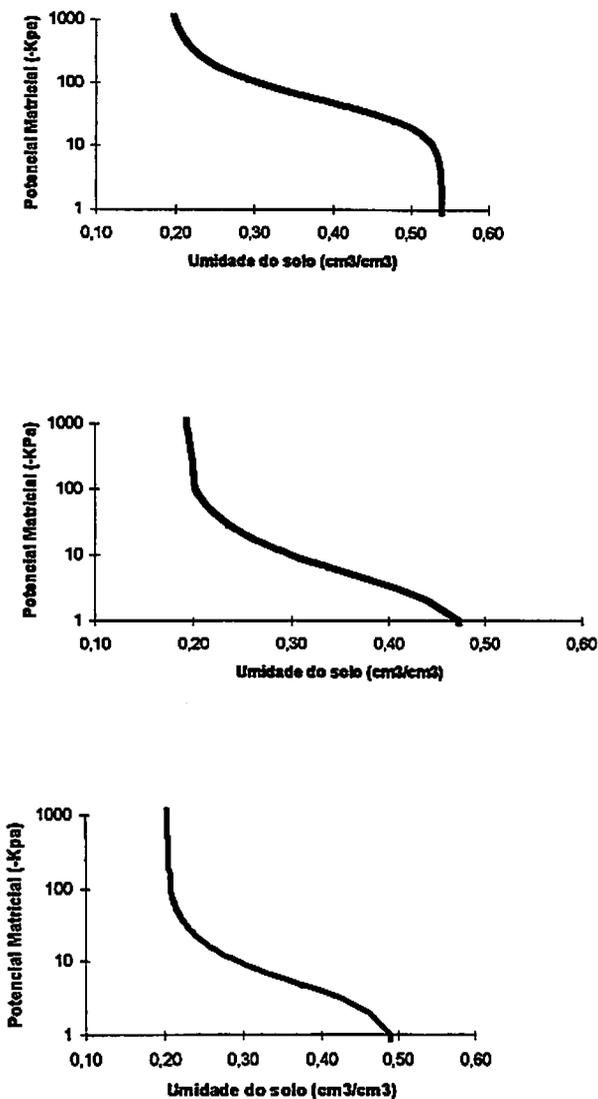


FIGURA 2. Curvas característica da retenção de água de um Latossolo Vermelho Escuro (solo experimental) nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm respectivamente. Lavras, UFLA, 1999.

3.3 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação constou além do cabeçal de controle (sistema de bombeamento, filtros de areia e tela, bomba injetora de fertilizantes e manômetros), de linhas de irrigação com tubo flexível de polietileno, apresentando um sistema de emissores do tipo labirinto de longo percurso, integrado ao próprio tubo pelo processo de fabricação (tubogotejadores "TAPES", modelo "QUEEN GIL"), o qual foi previamente avaliado quanto à uniformidade de distribuição de água segundo o método proposto por Merriam e Keller (1978). As características técnicas do material são mostradas na Tabela 3, conforme o fabricante.

TABELA 3. Características técnicas do Queen Gil (dados do fabricante).

Diâmetro Interno	16,5 mm
Espessura da Parede	0,2 mm
Pressão de Trabalho	0,5 atm
Pressão de Ruptura	Acima de 4,0 atm
Vazão a 0,5 atm	4,0 l/h/m
Espaçamento entre gotejadores	10 cm
Vazão por gotejador a 0,5 atm	0,44 l/h

A fonte de água utilizada foi de uma barragem situada próxima a área experimental de onde retirou-se uma amostra de água para obter o valor da condutividade elétrica que foi de 0,40 dS/m a 25 °C.

Os dados climáticos para monitoramento da cultura foram obtidos junto à estação climatológica instalada no campus da UFPA.

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, utilizando-se quatro parcelamentos da adubação NPK, via água de irrigação (fertirrigação) e três épocas de início e término da irrigação e mais um tratamento adicional sem irrigação e adubação parcelada em 4 vezes de outubro a março (testemunha), como convencionalmente é praticado pelo produtores de café.

Nas parcelas avaliou-se o efeito do parcelamento da adubação NPK:

- 1) Adubação convencional (manual) com 12 parcelamentos (P1)
- 2) Adubação via água de irrigação com 12 parcelamentos de N, P e K (P2)
- 3) Adubação via água de irrigação com 24 parcelamentos de N, P e K (P3)
- 4) Adubação via água de irrigação com 36 parcelamentos de N, P e K (P4)

A aplicação de fertilizantes foi iniciada em setembro e terminada em abril do ano subsequente para as parcelas que receberam maior número de aplicação de N, P e K e de outubro a março, para as parcelas de menor parcelamento.

Nas subparcelas avaliou-se o efeito das diferentes épocas de início da irrigação, sendo:

- a) Irrigação realizada de 1º de junho à outubro; (E1)
- b) Irrigação realizada de 16 de julho à outubro; (E2)
- c) Irrigação realizada de 1º de setembro à outubro; (E3)

A testemunha constituiu o 13º tratamento, conforme resumido na Tabela 4.

A lâmina de água aplicada foi definida em função da evapotranspiração acumulada no período entre as irrigações, que foram em número de 3 por semana. O cálculo da evapotranspiração foi feito a partir da evaporação do tanque classe A, considerando-se os coeficientes do tanque e da cultura. A partir

de outubro, as irrigações se restringiam às lâminas aplicadas durante a fertirrigação.

TABELA 4. Resumo dos tratamentos que foram submetidos as plantas da cultivar Catuaí Vermelho durante a safra 97-98.

Tratamentos	Modo, época e número de parcelamento de aplicação de fertilizantes				Época de início/ término da irrigação			Testemunha
	Manual	Fertirrigados			A	B	C	
	12 x	12 x	24 x	36 x	01/06 a 31/10	15/07 à 31/10	01/09 à 31/10	Sem irrigar
	Out. a Mar.		Set. a Abr.					4 x parc.
								Out a Mar
1 A	X				X			
2 A		X			X			
3 A			X		X			
4 A				X	X			
1 B	X					X		
2 B		X				X		
3 B			X			X		
4 B				X		X		
1 C	X						X	
2 C		X					X	
3 C			X				X	
4 C				X			X	
Test.								X

3.5 Manejo do experimento

Após a instalação do sistema de irrigação na lavoura experimental, iniciou-se a condução do experimento, determinando a umidade do solo e elevando-o à capacidade de campo (-10kPa), na profundidade de 0-20 cm utilizando-se como

referência a curva característica de retenção de água, previamente determinada em laboratório, para cada subparcela correspondente no período de irrigação.

Em intervalo de tempo fixo de 2 dias era quantificada a lâmina de água evaporada no tanque classe A para, a partir daí, aplicar nos tratamentos correspondentes, transformando a lâmina em volume de água e diminuindo quando necessário a precipitação ocorrida no intervalo de tempo entre uma irrigação e outra. Para isto, multiplicou-se a evaporação do tanque classe A (ECA) pela área útil de cada planta (A) e pelo fator de localização (F), por se tratar de irrigação localizada, subtraindo de tudo isto a precipitação que por ventura tivesse acontecido no período. A fórmula para quantificar o volume de água aplicado se resume a:

$$V = \left(\sum_{i=1}^2 ECA - P \right) * K_p * K_c * A * F, \text{ em que:}$$

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

ECA = Evaporação do tanque classe A no período de 2 dias, em mm;

K_p = Coeficiente do tanque;

K_c = Coeficiente de cultura, para o café 1,1;

A = Área útil entre plantas ($3,5 \text{ m}^2$);

P = Precipitação ocorrida no período, em mm;

F = Coeficiente de proporcionalidade de área molhada (0,5)

De posse do volume de água a ser aplicado (V), promovia-se a divisão deste pela vazão dos gotejadores (q) para conhecer o tempo necessário de irrigação (T).

$$T = \frac{V}{q}, \text{ em que:}$$

T = Tempo necessário de irrigação, em horas;

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

q = Vazão dos gotejadores (4l/h.m);

Para promover a fertirrigação utilizou-se uma bomba hidráulica injetora de fertilizantes da marca DOSMATIC, onde foi realizado previamente um teste de calibração para verificar a uniformidade de injeção de fertilizantes desta. A curva de calibração da bomba e a função que representa a relação entre a vazão injetada *versus* vazão da irrigação podem ser visualizadas na Figura 3.

Curva Calibração da Bomba Dosmatic A 30

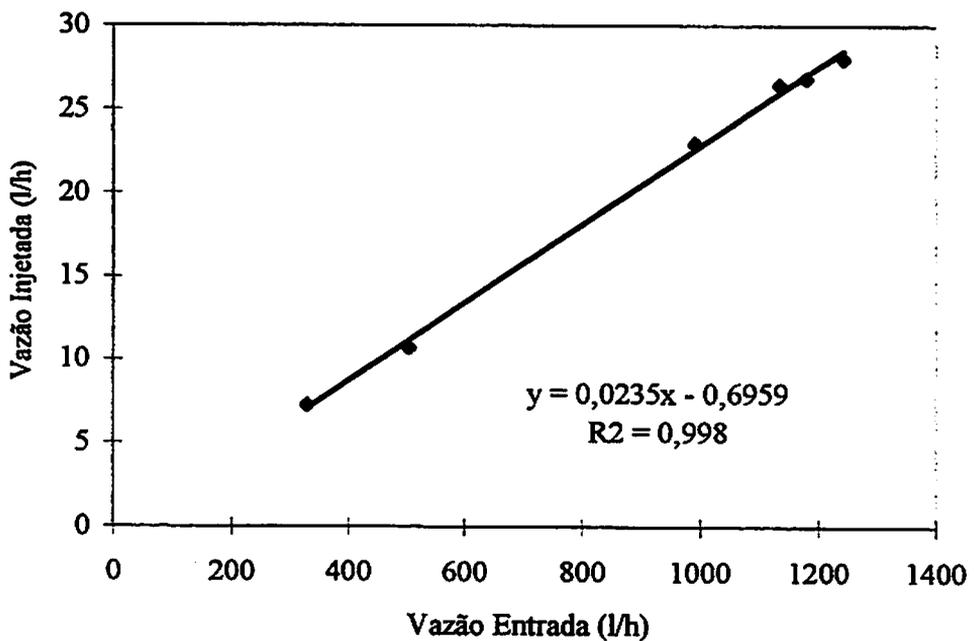


FIGURA 3. Curva de calibração da bomba DOSMATIC A 30. UFLA, Lavras – MG, Agosto / 1997.

Segundo as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (CFSEMG,1989) mediante os resultados obtidos pela análise de fertilidade do solo, quantificou-se a seguinte dosagem de nutrientes: 235 Kg/ha de N; 35 Kg/ha de P_2O_5 ; e 105 Kg/ha de K_2O . Utilizou-se como fonte de nutrientes para todos os tratamentos o adubo KRISTALON rótulo azul claro, que além de possuir alta solubilidade é especialmente recomendado para fertirrigação. A sua formulação contém 20% de N, 5% de P_2O_5 , 10% de K_2O , 2% de MgO além de pequenas porcentagens de micronutrientes quelatizados como 0,025% de B, 0,01% de Cu, 0,07% de Fe, 0,04% de Mn, 0,004% de Mo e 0,025% de Zn. Durante o período de condução até a avaliação o experimento recebeu os tratos culturais e fitossanitários para a cultura, conforme recomendações de Mendes et al., 1995.

A bomba injetora operou com uma dosagem de 2,5% (taxa de injeção/taxa ou vazão de irrigação). O tempo de aplicação é função do volume da solução de fertilizantes, da taxa de injeção e da vazão da irrigação.

O volume de solução é função da concentração da solução (5%) e da quantidade de adubo aplicado por vez, conforme apresentado a seguir:

P1 = 12 parcelamentos aplicados manualmente com 3,6 Kg/vez de Kristalon;

P2 = 72 litros de água com 3,6 Kg de Kristalon, parcelados em 12 vezes com o tempo de operação de 7,5 h/vez;

P3 = 36 litros de água com 1,8 Kg de Kristalon, parcelados em 24 vezes com o tempo de operação de 3,75 h/vez;

P4 = 2472 litros de água com 1,2 Kg de Kristalon, parcelados em 36 vezes com o tempo de operação de 2,5 h/vez;

Após a instalação do experimento e 6 meses depois foi avaliada o teste de uniformidade de distribuição de água segundo Merriam e Keller (1978).

3.6 Avaliação

Avaliou-se a produção de grãos de café beneficiado no pano, no chão e total das oito plantas de cada subparcela. As quantidades de café beneficiado, por parcela útil, foram convertidas em produção em sacas de 60 kg por hectare. Foi avaliada a porcentagem de café bóia da colheita no pano e no chão, e a de frutos verdes.

As características químicas do solo experimental na profundidade de 0 a 20 cm (pH, P, K, Al, Ca, Mg e saturação de bases (V%)) também foram avaliadas.

Os parâmetros qualitativos foram determinados em amostras de grãos de café beneficiados moídos em moinho tipo Croton Mod.TE-580, em peneira de 30 mesh, referente a cada tratamento aplicado durante o ano agrícola por local de cultivo. As avaliações foram: atividade enzimática da polifenoloxidase, índice de coloração, acidez titulável total e açúcares totais conforme metodologia descrita a seguir.

O método da extração da enzima polifenoloxidase consiste na extração descrita Draetta e Lima (1976). Foram pesados 5 g da amostra de café previamente moída e foram adicionados 40 mL da solução de fosfato de potássio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 6,0, agitando por 5 minutos. Todo o material utilizado foi mantido gelado. Após a agitação, foi feita a filtragem, utilizando-se papel de filtro Whatman nº 1. A atividade da polifenoloxidase foi determinada pelo método descrito por Ponting e Joslyng (1948), utilizado-se o extrato da amostra sem DOPA (3,4 dihidroxifenil-alanina) como branco expressa em U g^{-1} de grãos beneficiados (Unidade de atividade enzimática equivalente a 0,001 da densidade ótica por minuto).

O índice de coloração foi determinado pelo método descrito por Singleton (1966) e adaptado para o café, como segue: foram pesadas 2 g da

amostra de café moído e colocadas em erlenmeyer. Foram adicionados 50 ml de água destilada. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas em agitador elétrico por 1 hora. Foi feita a filtração (papel de filtro) e tomados 5 ml do filtrado no qual adicionou-se 10 ml de água destilada. Estas amostras foram deixadas em repouso por 20 minutos e lidas em comprimento de onda de 425 nm em espectrofotômetro.

A acidez titulável total foi determinada por titulação com NaOH 0,1 mol.L⁻¹ de acordo com técnica descrita pela Association of Official Analytical Chemists (1970) e expressa em ml de NaOH.100 g⁻¹ de amostra.

Os açúcares totais foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela Association of Official Analytical Chemists (1970), determinados pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944).

A qualidade física dos grãos de café beneficiado foi avaliada através da classificação de peneira de número 14 e 16 e número de defeitos.

3.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de médias. Utilizou-se o programa SISVAR versão 3.02 nas análises dos dados e adotaram-se os níveis de significância de 5% e 1%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de café no pano (PCP), no chão (PCC) e total (PCT).

O resumo da análise de variância para as variáveis produção de café no pano (PCP), no chão (PCC) e total (PCT) são apresentadas na Tabela 6. Observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha, exceto para a variável PCC ($\alpha > 0,05$). Houve diferença significativa entre as variáveis estudadas para o parcelamento da adubação NPK com fertirrigação e para época de início da irrigação do cafeeiro, não existindo diferença para interação desses fatores.

TABELA 5. Análise de variância sobre a produção de café no pano (PCP), no chão (PCC) e total (PCT) em função de parcelamento da adubação NPK e época de início da irrigação. Lavras, safra 97/98

Causa de variação	G.L.	PCP	PCC	PCT
Bloco	3	631,81 NS	38,68 NS	968,70 NS
Parcelamento (P)	3	496,29 *	17,08 *	669,40 **
Resíduo (a)	9	82,43	2,81	88,55
Época (E)	2	1.626,49 **	29,34 *	2.035,33 **
P x E	6	151,53 NS	4,09 NS	192,84 NS
Test. Vs fatorial	1	905,49 *	9,93 NS	1.102,26 *
Resíduo	27	172,24	7,03	227,22
Média geral		33,68	6,90	41,51
C.V. (a)		26,96	24,28	22,67
C.V. (b)		38,97	38,44	36,31

Os resultados obtidos para PCP, PCC e PCT encontram-se na Tabela 6. Verifica-se que para o parcelamento da adubação NPK que a maior PCP foi obtida com o P4, sendo este superior à testemunha (condução convencional)

em 106%, o qual não diferiu de P1 e P2, que foram 99 e 87% superiores à testemunha, respectivamente.

As produções PCC e PCT, tiveram a mesma tendência de PCP, sendo que para PCC, porcentagens mais reduzidas em relação a testemunha são mais interessantes. Mas o melhor tratamento para PCP, que é o P4 proporcionou uma maior PCC, devido uma maior produção de grãos nas plantas promovidas por este tratamento.

Com relação à PCT, o tratamento P3, foi o que apresentou menor ganho (26%) em relação à testemunha, e diferiu estatisticamente dos tratamentos P4, P2 e P1 cujos os ganhos em relação à testemunha foram 95, 83 e 78%, respectivamente.

Com esse resultado verificou-se que o tratamento que recebeu fertirrigação mais constante foi superior a testemunha, que recebeu adubação convencional em cobertura, conforme constatado por Santinato et al. (1989).

A quimigação se torna mais barata quando se utiliza mais de duas vezes ao ano segundo Threadgill, (1985). Portanto, o maior número de parcelamento de adubação via irrigação além de incrementar a produção, dilui os custos de produção.

Para a época de início da irrigação, na Tabela 6, verifica-se ainda, que a E1 foi a que proporcionou os melhores resultados para as variáveis PCP, PCC e PCT, sendo que esta época não diferiu estatisticamente da E2, somente para PCP.

As plantas que receberam água durante um maior período de tempo apresentaram maior produtividade em relação àquelas que foram irrigadas por menor período.

Verifica-se que a E1 foi a que apresentou o maior incremento de produtividade em relação à testemunha, sendo de 120% para a PCT, de 136% para a PCP e de 60 % para a PCC.

TABELA 6. Produção de café no pano (CP), no chão (CC), total (CT) em sacas beneficiadas por hectare com as respectivas porcentagens (%) em relação a testemunha, em função do parcelamento da adubação NPK e época de início da irrigação do cafeeiro. Lavras, safra 97/98

Tratamentos	Sacas de 60 kg de café beneficiado por ha					
	CP	%	CC	%	CT	%
.....Parcelamento da adubação NPK.....						
P1	38,38a	199	6,70ab	124	45,07a	183
P2	36,01ab	187	7,68ab	142	43,72a	178
P3	25,52 b	132	5,63 b	104	31,11 b	126
P4	39,67a	206	8,37a	155	48,04a	195
.....Época de início da irrigação do cafeeiro.....						
E1	45,49a	236	8,65a	160	54,14a	220
E2	33,76ab	175	6,20 b	115	34,95 b	142
E3	25,43 b	132	6,43 b	119	31,96 b	130
Testemunha	19,28	100	5,39	100	24,62	100

A irrigação proporciona um aumento de produção em relação ao cafeeiro não irrigado contradizendo assim estudos realizados por Daniel (1957).

Portanto, a melhor época de início da irrigação do cafeeiro encontra-se na E1, proporcionando incrementos na produção bastante significativos.

4.2 Porcentagem de café bóia no pano (PBP), no chão (PBC) e frutos verdes (PFV).

O resumo da análise de variância para as características da porcentagem de café bóia no pano (PBP), no chão (PBC) e frutos verdes (PFV) é apresentado na Tabela 7. Observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha para todas as variáveis. O parcelamento da fertirrigação e a interação entre o parcelamento e época de início de irrigação não mostraram diferença para nenhuma das variáveis estudadas. Efeitos significativos

ocorreram apenas para a época de início de irrigação em todas as variáveis em questão.

TABELA 7. Análise de variância sobre a porcentagem de café tipo bôia no pano (PBP), no chão (PBC) e frutos verdes (PFV) em função de parcelamento da adubação NPK e época de início da irrigação e método convencional de adubação do caféiro. Lavras, safra 97/98

Causa de variação	G.L.	PBP	PBC	PFV
Bloco	3	430,58 **	121,17 *	55,90 NS
Parcelamento (P)	3	6,86 NS	26,33 NS	16,68 NS
Resíduo (a)	9	131,09	165,95	27,85
Época (E)	2	1725,74 **	1989,88 **	750,12 **
P x E	6	35,59 NS	77,54 NS	48,19 NS
Test. vs fatorial	1	2202,76 **	1645,48 **	611,82 **
Resíduo	27	81,73	83,09	83,30
Media geral		26,87	47,63	25,95
C.V. (a)		42,61	21,39	32,11
C.V. (b)		33,64	19,14	35,17

A Tabela 8 ilustra os resultados obtidos para PBP, PBC e PFV onde verifica-se que os tratamentos que receberam maiores lâminas de irrigação (E1 e E2) não diferiram entre si, e apresentaram menor porcentagem de frutos bôia do café de pano (PBP), chegando a 65 e 58% respectivamente, a menos que a testemunha. Por outro lado, estes mesmos tratamentos, (E1 e E2) apresentaram um índice de frutos verdes (PFV) bastante superior ao tratamento que recebeu menor lâmina (E3) e a testemunha, chegando a níveis de 233 e 98%, respectivamente, superiores à testemunha.

Parcelas que foram irrigadas inicialmente apresentaram menor porcentagem de frutos chochos, concordando com Miguel et al. (1976) e maior porcentagem de frutos verdes.

Estes resultados mostram a tendência de maior porcentagem de frutos verdes no cafeeiro quando este não é submetido a um estresse hídrico que, em contrapartida, diminui a porcentagem de frutos bóia e/ou chochos.

TABELA 8. Porcentagem de café tipo bóia no pano (PBP) e no chão (PBC); e frutos verdes (FV) com as respectivas porcentagens (%) em relação a testemunha, em função do parcelamento da adubação NPK e época de início da irrigação do cafeeiro. Lavras, safra 97/98

Tratamentos	Porcentagem					
	PBP	%	PBC	%	FV	%
Parcelamento da adubação NPK.....						
P1	25,76a	52	45,85a	67	24,90a	281
P2	25,54a	51	44,97a	66	24,30a	275
P3	25,93a	52	48,13a	71	26,99a	305
P4	24,27a	48	47,62a	70	25,88a	292
Época de início da irrigação do cafeeiro.....						
E1	17,79 b	35	35,96 b	53	29,44a	333
E2	21,12 b	42	45,74 b	68	29,50a	333
E3	37,21a	75	58,21a	86	17,61 b	198
Testemunha	49,8	100	67,75	100	8,85	100

4.3 Características químicas do solo

Nas Tabelas 9 e 10 estão apresentados o resumo da análise de variância e os valores médios das características químicas do solo na profundidade de 0 a 20 cm em função do parcelamento da adubação NPK e início de irrigação do cafeeiro, respectivamente.

Observa-se pela Tabela 9 que, os tratamentos aplicados diferiram da testemunha nas características químicas do solo no pH, fósforo (P), potássio (K) e alumínio (Al). Para o parcelamento da adubação NPK houve diferenças significativas para P, K, Al, cálcio (Ca) e saturação de bases (V). Houve

diferença significativa para época de início de irrigação e para interação entre os fatores estudados somente para o teor de P no solo.

Pela Tabela 10 e Figura 4, verifica-se que o pH do solo na testemunha (4,8) foi inferior aos tratamentos aplicados, que ficou na média de 5,4. Pela CFSEMG (1989), a testemunha possui um acidez elevada e para a média dos tratamentos aplicados é considerada média. Apesar desta diferença ocorrida, está abaixo da faixa encontrada por Raij et al. (1987) para cafezais de alta produtividade do Norte do Paraná, que foi na faixa de 6,0 a 7,0.

Para o Al, a testemunha teve o maior teor no solo de $0,5 \text{ cmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ contra a média de $0,16 \text{ cmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Tabela 10). Pelos valores encontrados verifica-se que o teor de Al no solo é classificado como médio e baixo, respectivamente segundo a CFSEMG (1989).

Com relação ao parcelamento da adubação NPK verifica-se que a seqüência decrescente do teor de Al no solo é $P2 > P4 > P1 > P3$, sendo que para o parcelamento P3, o teor encontrado é zero. Houve diferença significativa para o parcelamento da adubação NPK, mas os teores encontrados são considerados baixos segundo CFSEMG (1989).

Para a saturação de bases (V), observa-se que não houve diferença significativa entre a média dos tratamentos (46,5%) e a testemunha (46,4%) (Tabela 10). Estes valores estão considerados baixos (<50%) segundo CFSEMG (1989), mas próximos do adequado para o cultivo do cafeeiro segundo Malavolta (1986) que considera entre 50 a 60%. Com relação ao efeito do parcelamento da adubação NPK verifica-se que a menor saturação de bases foi encontrada no parcelamento P2 que diferiu dos outros parcelamentos, dos quais não diferiram entre si (Figura 4). Somente o parcelamento P2 que não está próximo do adequado para o cafeeiro segundo Malavolta (1986) e todos são considerados baixos pela CFSEMG (1989), com exceção do parcelamento P1.

TABELA 9. Resumo da análise de variância das características químicas do solo na profundidade de 0 a 20 cm em função do parcelamento da adubação NPK e época de início de irrigação do cafeeiro. Lavras – Safra 97-98

Causa de Variação	GL	Quadrado médio						
		pH	P	K	Al	Ca	Mg	V ^{1/}
Bloco	3	0,38NS	12,07NS	830,8NS	0,019NS	0,6NS	0,09NS	40,54NS
Parcelamento (P)	3	0,78NS	84,07**	1447,6**	0,266**	3,924*	0,19NS	797,62**
Resíduo (a)	9	0,410	9,35	13,02	0,002	0,798	0,19	22,11
Época (E)	2	0,04NS	54,52*	9,2NS	0,035NS	0,97NS	0,26NS	130,44NS
P x E	6	0,13NS	55,32**	481,4NS	0,044NS	0,90NS	0,07NS	127,72NS
Test. vs fatorial	1	1,23**	88,50**	14538,6**	0,35**	2,13NS	0,31NS	0,04NS
Resíduo (b)	27	0,15	15,51	992,71	0,02	0,60	0,09	43,03
Média geral		5,3	14,50	74,10	0,2	3,6	1,1	46,5
C.V. (a)		8,70	25,75	4,87	27,27	25,04	39,46	10,11
C.V. (b)		7,27	27,13	42,53	88,15	21,75	27,26	14,11

NS, * e ** não significativo, significativo ao nível de 5 e 1% pelo teste de F, respectivamente.

^{1/} Saturação de bases

TABELA 10. Características químicas do solo na profundidade de 0 a 20 cm em função do parcelamento da adubação NPK e época de início da irrigação do cafeeiro. Lavras – Safra 97-98

Época	Parcelamento	pH	K P		Al	Ca Mg		V
			(mg.dm ⁻³)			(cmol _c .dm ⁻³)		
E1	P1	5,2	92,8	25,0	0,2	3,4	1,2	43,3
	P2	5,1	68,8	11,5	0,3	2,8	1,1	34,2
	P3	5,7	57,5	11,8	0,0	4,3	1,3	56,3
	P4	5,5	56,5	11,8	0,2	4,1	1,2	51,3
E2	P1	5,7	74,8	14,8	0,0	4,1	1,3	54,3
	P2	5,0	65,8	11,0	0,4	2,9	0,9	34,6
	P3	5,4	75,3	13,5	0,0	3,8	1,0	47,0
	P4	5,3	64,8	12,8	0,4	2,9	0,8	39,3
E3	P1	5,6	82,5	16,8	0,0	4,5	1,4	57,6
	P2	5,0	53,0	18,3	0,3	2,8	1,1	34,9
	P3	5,7	84,3	16,8	0,0	4,0	1,3	52,0
	P4	5,5	55,3	15,0	0,1	4,3	1,3	53,4
Test.		4,8	132,0	10,0	0,5	2,9	0,9	46,4

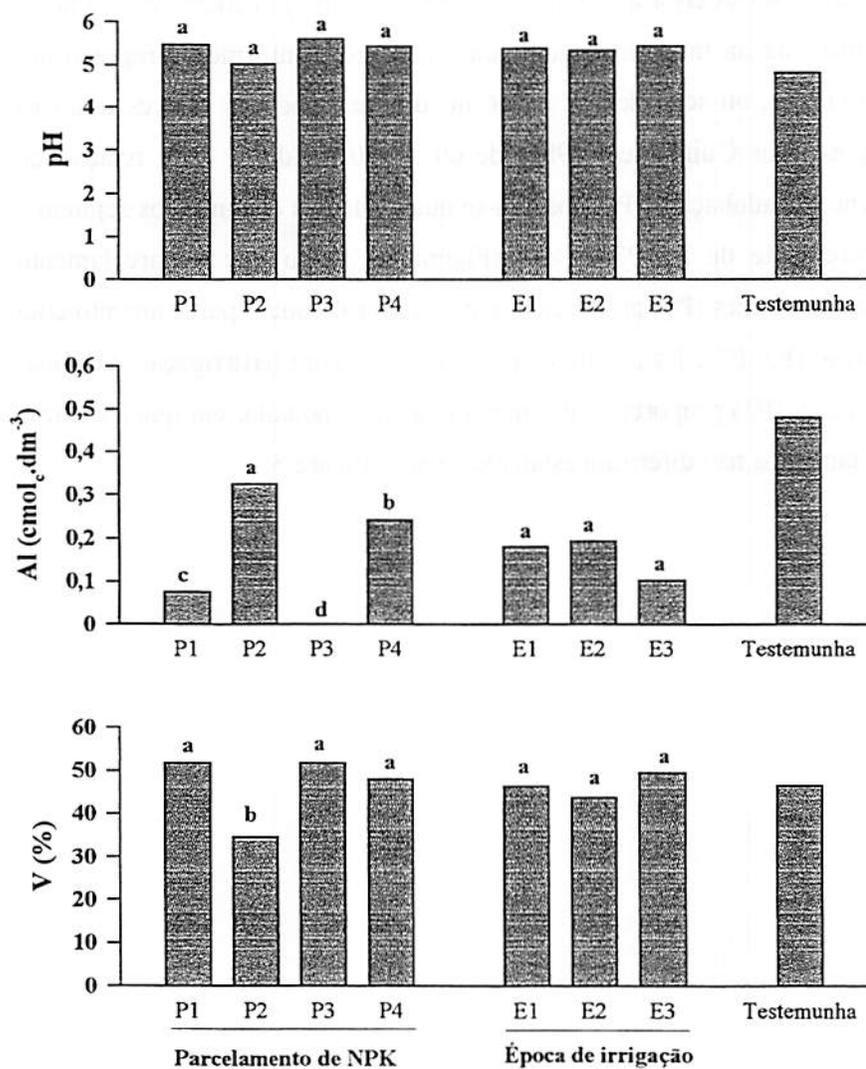


FIGURA 4. Característica química do solo como pH, Al e saturação de bases (V) em função do parcelamento da adubação NPK e época de início de irrigação do cafeeiro.

Entre as bases trocáveis, a média dos tratamentos aplicados para o K ($69,3 \text{ mg.dm}^{-3}$) foi inferior à testemunha ($132,0 \text{ mg.dm}^{-3}$) (Tabela 10). Somente a testemunha está na faixa adequada para o cafeeiro, conforme o proposto por Malavolta (1986), ou seja, de 117 a 156 mg.dm^{-3} e ambos os valores estão na faixa proposta por Guimarães (1986) de 60 a 150 mg.dm^{-3} . Com relação ao parcelamento da adubação NPK observa-se que os teores encontrados seguem a ordem decrescente de $P1 > P3 > P2 > P4$ (Figura 5), sendo que o parcelamento manual em doze vezes (P1) proporcionou maior teor do que o parcelamento com a fertirrigação (P2, P3 e P4). Entre os parcelamentos com fertirrigação, verifica-se que 24 vezes (P3) proporcionou o maior teor de K no solo, em que os outros dois parcelamentos não diferiram estatisticamente (Figura 5).

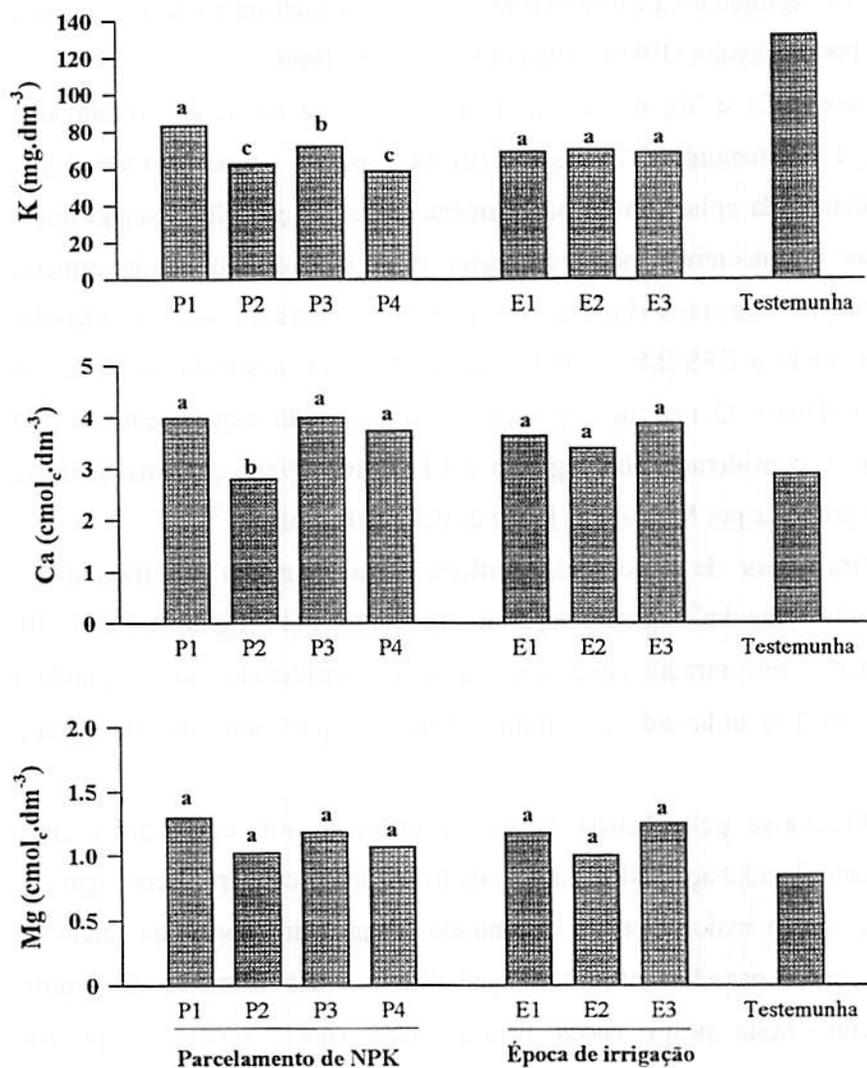


FIGURA 5. Característica química do solo como bases trocáveis (K, Ca e Mg) em função do parcelamento da adubação NPK e época de início de irrigação do cafeeiro.

Os teores encontrados são classificados como médios para P2, P3 e P4 e alto para P1 segundo a CFSEMG (1989) e não se encontram na faixa adequada proposta por Malavolta (1986) e sim por Guimarães (1986).

Para o Ca e Mg não existe diferença entre a média dos tratamentos aplicados e a testemunha (Tabelas 9 e 10). Mas, para o Ca no solo verifica-se uma influência da aplicação do parcelamento da adubação NPK, sendo que o menor teor foi encontrado no parcelamento P2, o qual diferiu estatisticamente dos outros parcelamentos (Figura 5). Os teores encontrados são considerados médios segundo a CFSEMG (1989) e acima da faixa adequada proposta por Malavolta (1986). O teor de Mg médio encontrado no experimento de 1,1 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ é considerado alto segundo a CFSEMG (1986) e acima da faixa adequada proposta por Malavolta (1986) de 0,5 a 1,0 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$.

Para o teor de P no solo, verificou-se que a média dos tratamentos aplicados (14,9 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$) que foi superior à testemunha (10 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$) Tabela 10. Entre os teores encontrados observa-se que o são considerados altos segundo a CFSEMG (1989) utilizando o extrator Mehlich 1 para um solo de textura argilosa.

Observa-se pela Tabela 9, que a interação foi significativa entre parcelamento da adubação NPK e início da irrigação do cafeeiro. Pela Figura 6, verifica-se que o maior teor foi encontrado na primeira época de início de irrigação com o parcelamento P1, o qual diferiu estatisticamente dos outros parcelamentos nesta mesma época. Para as outras épocas verifica-se que não houve diferença significativa entre os parcelamentos. Portanto, o parcelamento da adubação de P manualmente associado a um início de irrigação mais precoce proporcionou maior disponibilidade de P no solo.

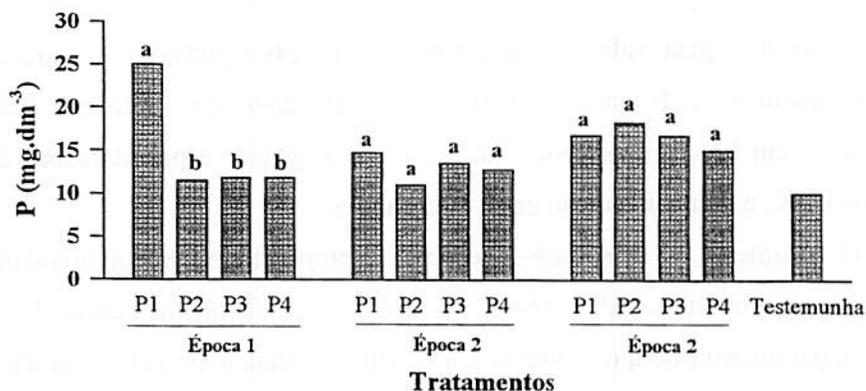


FIGURA 6. Teores de P no solo em função do parcelamento da adubação NPK e época de início de irrigação do cafeeiro.

Verifica-se pela produção total de grãos de café beneficiados (Tabela 6) que a maior produção foi com a aplicação manual (P1) e com a época (E1). Ruiz (1986) verificou em estudo do efeito do conteúdo de água sobre o transporte de P em dois Latossolos, que a difusão do elemento nas amostras dos solos estudados respondeu mais ao teor de água que as doses de P aplicadas. A grande interdependência entre ambos os fatores de produção, fósforo e água, torna evidente a ocorrência de relação entre P disponível e produção do cafeeiro, no que resultou na interação significativa para o P no solo.

4.4 Características qualitativas dos grãos de café beneficiados

Observa-se pela Tabela 11 que houve diferenças significativas entre as variáveis químicas e físicas de avaliação da qualidade dos grãos de café beneficiados em função das épocas de início de irrigação e parcelamento da adubação NPK, e para a interação entre estes fatores.

O tratamento P3 associado à época E1 proporcionou maior atividade enzimática da polifenoloxidase ($64,16 \text{ U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, conforme a Tabela 12 e Figura 7), parâmetro este que expressa uma melhor qualidade do café, conforme Amorim e Silva (1968); Sanint e Valência (1972); Rotemberg e Iachan (1972); Oliveira et al.(1976); Amorim (1978); Leite (1991); Carvalho et al. (1994); Chagas (1994); Silva (1995); Pimenta (1995); Chalfoun (1996) e Pereira (1997).

TABELA 11. Resumo da análise de variância das características físico-química e química dos grãos de café beneficiados em função do parcelamento da adubação NPK e época de início de irrigação do cafeeiro. Lavras – Safra 97/98

Causa de Variação	GL	Quadrado médio						
		PFO ^{1/}	IC	ATT	AT	P14	P16	ND
Bloco	3	111,692**	0,452**	4310,256**	1,083**	6,871NS	53,963**	37,282**
Parcelamento (P)	3	35,538**	0,071**	2430,555**	3,877**	10,111*	82,666**	222,666**
Resíduo (a)	9	0,407	0,003	25,925	0,006	1,796	4,277	1,833
Época (E)	2	8,584**	0,008NS	1458,333**	1,814**	0,333NS	124,000**	90,333**
P x E	6	11,007**	0,046**	1180,556**	2,941**	4,777**	49,333**	78,333**
Test. vs fatorial	1	3,594*	0,026*	1939,103**	1,047**	16,025**	444,769**	17,333**
Resíduo (b)	27	0,639	0,004	19,848	0,007	0,489	2,596	1,765
Média geral		61,07	1,67	229	5,5	11	57	11
C.V. (a)		1,05	3,27	2,22	1,34	12,10	3,62	12,22
C.V. (b)		1,31	3,59	1,95	1,53	6,32	2,82	11,99

NS, * e ** não significativo, significativo ao nível de 5 e 1% pelo teste de F, respectivamente.

^{1/} PFO – atividade enzimática da polifenoxidase (U.min⁻¹.g⁻¹ de amostra); IC – índice de coloração (D.O. 420 nm); ATT – acidez titulável total (mL NaOH.100g⁻¹ de amostra); AT – açúcares totais (%); P14 – peneira n^o 14 (%); P16 – peneira n^o 16 (%) e ND – número de defeitos.

TABELA 12. Atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO - U.min⁻¹.g⁻¹ de amostra), índice de coloração (IC - D.O. 420 mm), acidez titulável total (ATT - ml NaOH. 100g⁻¹ de amostra) e açúcares totais (AT - %) dos grãos de café beneficiados em função do parcelamento da adubação NPK e época de início da irrigação do cafeeiro.

Época	Parcelamento	PFO	IC	ATT	AT
E1	P1	60,66b	1,71b	225b	5,3b
	P2	61,83b	1,73b	225b	5,5b
	P3	64,16a	1,83a	200c	7,2a
	P4	58,33c	1,47c	250a	4,4c
E2	P1	59,49b	1,53b	250a	5,0d
	P2	61,83a	1,66a	225b	5,4c
	P3	62,99a	1,74a	200c	6,1b
	P4	62,99a	1,75a	200c	7,0a
E3	P1	58,33b	1,59c	250a	4,6c
	P2	62,99a	1,74a	225b	5,7a
	P3	61,83a	1,68b	225b	5,8a
	P4	58,33b	1,55c	250a	4,8b
Testemunha		60,16	1,58	250	5,0

Médias seguidas de mesmas letras na colunas dentro da época não diferem entre pelo teste de Tukey à 5%.

Segundo Carvalho et al. (1994), a determinação da atividade da polifenoloxidase permite avaliar, de modo objetivo, a qualidade do café, estabelecendo a seguinte classificação, complementar àquela estabelecida pela “prova da xícara”: Café extra fino (estritamente mole) - atividade da polifenoloxidase superior a 67,66 U.g⁻¹ de amostra; fino (mole e apenas mole) - atividade da polifenoloxidase de 62,99 a 67,66 U.g⁻¹ de amostra; aceitável (dura) - atividade da polifenoloxidase de 55,99 a 62,99 U.g⁻¹ de amostra; não aceitável (riada e rio) - atividade de polifenoloxidase inferior a 55,99 U.g⁻¹ de amostra.

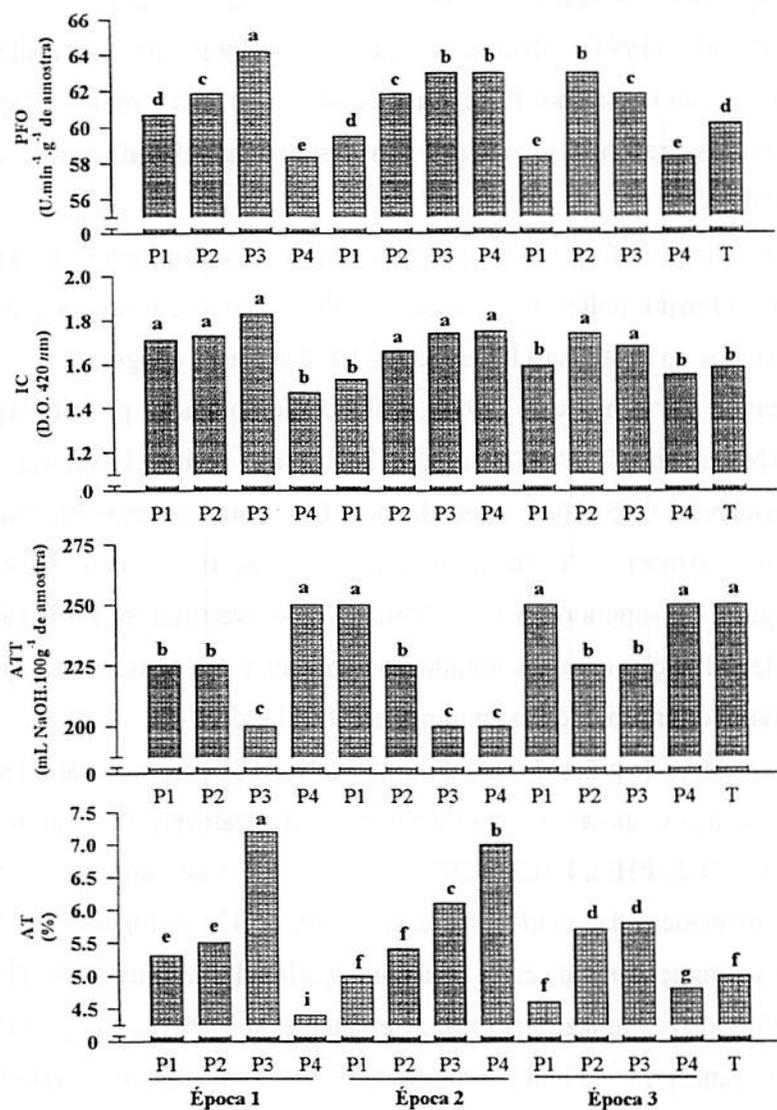


FIGURA 7. Atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO), índice de coloração (IC), acidez titulável total (ATT) e açúcares totais (AT) dos grãos de café beneficiado em função do parcelamento da adubação NPK e época de início de irrigação do cafeeiro.



Comparando os resultados obtidos no presente trabalho com os de Carvalho et al. (1994) observa-se que os valores da atividade da polifenoloxidase no tratamento P3E1 classifica-se como fino (“mole” e “apenas mole”) e outros tratamentos, inclusive a testemunha classificam-se como aceitáveis (“dura”).

Os resultados referentes ao índice de coloração encontram-se na Tabela 12 e Figura 7. O maior índice de coloração foi observado na amostra de grãos de café beneficiados no tratamento P3 associado E1, Tabela 12 e Figura 7.

Segundo Carvalho et al. (1994), o índice de coloração permite separar cafés de bebidas “riada” e “rio”, ou seja, bebida não-aceitável (valores deste índice inferiores a 0,65), dos cafés de bebidas “dura” (aceitável), “mole”, “apenas mole” (finos) e “estritamente mole” (extras finos), com índice de coloração iguais ou superiores a 0,65. Portanto, pode verificar-se pelos valores do índice de coloração entre os tratamentos aplicados e a testemunha, que os cafés poderiam ter uma bebida, no mínimo, aceitável (“dura”).

As amostras de grãos de café do tratamento P3E1 proporcionaram maior índice de coloração, apesar de não diferirem estatisticamente dos tratamentos P1E1, P2E1, P2E2, P3E2, P4E2, P2E3 e P3E3 e foi o que apresentou maior atividade enzimática da polifenoloxidase (Tabela 13 e Figura 7). Estes parâmetros são indicadores de cafés de melhor qualidade, segundo Leite (1991); Chalfoun, Carvalho e Guimarães (1992); Carvalho et al. (1994) e Chagas (1994).

Pela Tabela 13 e Figura 7, observa-se que os mais baixos valores de acidez titulável total foram encontrados nas amostras P3E1, P3E2 e P4E2, ou seja, de 200 ml de NaOH.100 g⁻¹ de amostra, os quais estão associados a maior atividade enzimática da polifenoloxidase e índice de coloração. Leite (1991) e Carvalho et al. (1994) verificaram que cafés de melhor qualidade possuem maior atividade da enzima polifenoloxidase e índice de coloração e menor acidez titulável total. Portanto, verificou-se que existiu uma identidade destes

parâmetros e uma relação entre os mesmos, no tratamento P3E1, confirmando que este proporcionou um café de melhor qualidade.

Na avaliação dos açúcares totais, observou-se que houve diferenças significativas (Tabela 12). Pela Tabela 13 e Figura 7, observa-se um maior teor de açúcar total no tratamento P3E1 em relação aos outros tratamentos. Mas, os teores encontrados de açúcares totais mostram-se inferiores ao valor observado por Navellier (1970), quando os grãos apresentaram 8% de açúcares .

Os açúcares podem contribuir para o sabor e aroma do café, conforme cita Amorim (1972), mas estes componentes não participam das classificações oficiais de qualidade de bebida, apesar de Amorim et al. (1976) afirmarem que os cafés melhores possuem maiores teores de açúcares totais, fato também verificado por Chagas (1994).

De modo geral, verifica-se que o tratamento P3E1 apresentou uma resposta superior, para os teores de açúcares totais (Tabela 12 e Figura 7), diferenciada dos outros tratamentos e da testemunha, também maior atividade enzimática da polifenoloxidase, maior índice de coloração e menor acidez titulável total, confirmando, assim, que este tratamento propiciou cafés de melhor qualidade.

O sabor doce desejável em cafés “Gourmet” detectados pelo painel organoléptico (Sensorial) da OIC (1992) é conseqüência da presença de açúcares nos grãos após a torração. Os açúcares, juntamente com os aminoácidos, são responsáveis pela cor caramelo desejável no café. Esta coloração é obtida pelas reações de Maillard e/ou caramelização (Silva et al., 1999).

O mercado de café prefere grãos classificados em tamanho acima e igual ao número de peneira 16, por isso optou-se para discussão somente da classificação de tamanho igual a 16 e inferior à peneira 14 (Tabela 13).

Os valores médios de porcentagem para classificação de peneira de grãos de café beneficiado em função do parcelamento da adubação NPK e época de

início da irrigação com os teste de média para os parcelamentos dentro de cada época encontram-se na Tabela 14 e com a testemunha conjunta na Figura 8.

De modo geral, verifica-se que a maior porcentagem de grãos de café de peneira maior que 16 ocorreu no tratamento P3E1, o qual não diferiu dos tratamentos P2E1, P4E2, P2E3, P3E3 e P4E3 (Figura 8) e a menor porcentagem foi na testemunha (Tabela 14 e Figura 8). Em relação ao tamanho de peneira igual a 14, de modo geral, verifica-se que as menores porcentagens ocorreram nos tratamentos P2E1, P3E1, P4E2 e P2E3 desta peneira (Tabela 14 e Figura 8).

O mais importante para o mercado, é a produção de grãos com classificação de peneira maior e igual a 16. Portanto, pelos resultados obtidos verifica-se que a melhor resposta na porcentagem de peneira igual a 16 foi encontrado no tratamento P3E1 que esteve associado a melhor qualidade pelos parâmetros químicos dos grãos de café beneficiado. Malta et al. (1997) estudaram a qualidade do café beneficiado em função da classificação quanto à peneira; verificaram que as peneiras acima de 16 apresentaram a melhor qualidade do café baseados em parâmetros químicos como atividade enzimática da polifenoloxidase, índice de coloração, acidez titulável total e açúcares totais.

Na classificação de café quanto aos aspectos físicos, considerando-se principalmente o tipo, sabe-se que os defeitos são os que mais contribuem para desvalorização do produto, por provocarem, além da desuniformidade de coloração na comercialização, alterações no aspecto do sabor após a torração.

TABELA 13. Peneiras número 14 (P14) e 16 (P16); e número de defeitos (ND) dos grãos de café beneficiados em função do parcelamento da adubação NPK e época de início da irrigação do cafeeiro.

Época	Parcelamento	P14	P16	ND
		%.....		
E1	P1	13a	55b	28b
	P2	10b	60a	22c
	P3	10b	63a	14d
	P4	11b	52b	33a
E2	P1	11ab	50c	25a
	P2	11ab	56b	17b
	P3	12a	56b	18b
	P4	10 b	60a	18b
E3	P1	12a	58b	26a
	P2	10b	62a	17c
	P3	12a	62a	21b
	P4	9b	62a	23b
Testemunha		13	47	24

Médias seguidas de mesmas letras na colunas dentro da época não diferem entre pelo teste de Tukey à 5%.

Portanto, verifica-se menor número de defeitos no tratamento P3E1, e o maior no tratamento P4E1 (Tabela 14 e Figura 8). É de extrema importância comentar que os resultados acima discutidos, além de confirmarem a existência de uma estreita correspondência entre a atividade da polifenoloxidase e a qualidade dos grãos de café, demonstram quimicamente, que os defeitos prejudicam sensivelmente a qualidade do café. Portanto, verifica-se que o tratamento P3E1 foi o que possibilitou identificar uma melhor convergência, entre os parâmetros físico-químicos e físicos do grão de café beneficiado, promovendo uma melhor qualidade do café.

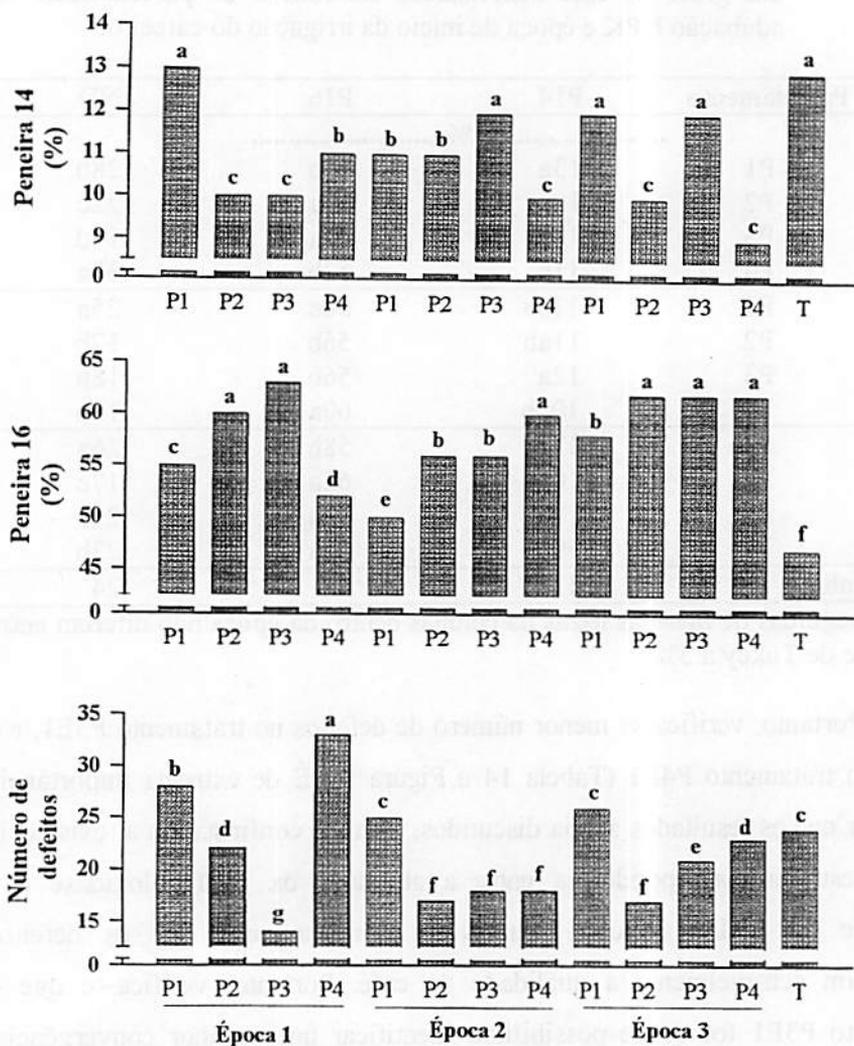


FIGURA 8. Porcentagem de peneira nº 14 e 16, e número de defeitos de grãos de café beneficiado em função do parcelamento da adubação NPK e época de início de irrigação do cafeeiro.

CONCLUSÕES

Ocorreram efeitos significativos tanto da época do início da irrigação, quanto do parcelamento da adubação via fertirrigação como fatores isolados, entretanto a interação dos mesmos não mostrou-se significativa.

Estas observações/conclusões referem-se a safra 97/98, e dentro deste contexto pode-se concluir que:

- quanto à produtividade: a irrigação iniciada em 1º de junho e o parcelamento de 36 vezes propiciaram os melhores resultados;
- quanto à uniformidade de maturação: a irrigação proporcionou desuniformidade de maturação dos frutos, tendo uma elevada porcentagem de frutos verdes e, em contrapartida, reduzindo o número de grãos chochos e secos;
- quanto à qualidade de bebida: o parcelamento em 24 vezes da fertirrigação com as irrigações iniciadas em junho proporcionou melhor qualidade de bebida, sendo esta classificada como café tipo fino (mole e apenas mole) Este mesmo tratamento foi o que apresentou melhor resposta na porcentagem de peneira igual ou superior a 16, que é a mais importante para a comercialização do café. Pode-se observar que quanto menor o número de defeitos, melhor a qualidade de bebida do café.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALÈGRE, C. *Climatis et caféiers d'Arabie. Agronomie Topicale*, Paris, v. 14, p. 23-58, 1959.
- AMORIM, H.V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a determinação da qualidade.** Piracicaba: USP/ESALQ, 1978. 85p. (Tese de "Livre Docente" em Bioquímica).
- AMORIM, H.V. **Relação entre alguns compostos orgânicos do grão do café verde com a qualidade da bebida.** Piracicaba: ESALQ, 1972. 136p. (Tese - Doutorado em Bioquímica).
- AMORIM, H.V.; LEGENDRE, M.G.; AMORIM, V.L.; ANGELO, A.J.S.; ORY, R.L. *Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage.* VII. Total carbonyls, activity of polyphenol oxidase, and hydroperoxides. *Turrialba, San José*, v.26, n.2, p.193-195, 1976.
- AMORIM, H.V.; SILVA, D.M. *Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and quality of the beverage.* *Nature*, New York, v.219, n.27, p.381-382, July 1968.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA, São Paulo: Argos Comunicações, 1997. 147 - 163 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 11.ed. Washington, 1970. 1015p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretária Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. Normas Climatológicas. Brasília, 1992.

CAMARGO A. P. de. Efeitos na produção de café, épocas de rega e de supressão da água, por meio de cobertura transparente (barcaça). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 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. 22 p.

CAMARGO, O. A. de. Compactação do solo e desenvolvimento de plantas. Campinas: fundação Cargill. 1983. 44 p.

CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.de R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.29, n.3, p.449-454, mar, 1994.

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 – 62, 1986.

CHAGAS, S.J.R. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. Lavras: ESAL, 1994. 95p. (Dissertação-Mestrado em Ciência de Alimentos).

CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.D. de; GUIMARÃES, P.T.G. Manual de preservação e melhoria da qualidade do café nas fases de pré e pós colheita. Guaxupé: Enfin Ribeirão, 1992. 44p.

CHALFOUN, S.M.S. O café (*Coffea arabica* L.) na Região Sul de Minas Gerais – relação da qualidade com fatores ambientais, estruturais e tecnológicos. Lavras: UFLA, 1996. 171p. (Tese – Doutorado em Fitotecnia).

COELHO, A. M. Fertirrigação. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação. Brasília. 1994. 315p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação. Lavras, 1989. 159p.

DANIEL, J. S. Experimento de duas variedades de café, sob condições naturais e sombreadas, irrigadas e não irrigadas. Instituto Agrônômico de Minas Gerais, 1957. (Projeto n.º 3:10)

DRAETTA, I.S.; LIMA, D.C. Isolamentos e caracterização das polifenoloxidasas do café. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.7, p.3-28, 1976.

FAO. Agroclimatological data for Latin America and Caribbean. Roma, 1985. (FAO coleção Produção e Proteção Vegetal, v. 24)

FREIRE, A. C. e 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.

GLANDER, H. Crecimientos y experiencias obtenidas en la abanadura del café. Verlagsgesellschaft fur Ackerbaer MBH, 1958. (Bol. Verde n. 8)

GOPAL, N. H. Some physiological factors to be considered for stabilization of arabica coffe production in South India. Indian Coffe, 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 CAFEIRAS, 10., 1983, Poços de Caldas, 1983. Anais ... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1983. p. 33-4.

GUIMARÃES, P.TG. Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuai) à adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do Sul de Minas Gerais. Piracicaba: ESALQ, 1986. 140p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

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.

KRUG, C. A. World coffee survey (draft of a future FAO agricultural study).
Roma: FAO, 1959. 127 p.

LAZZARINI, W. Ensaio preliminar de irrigação de café. Boletim da Superintendência dos Serviços de Café, São Paulo, n. 303, p. 408-416, 1952.

LEITE, I.P. Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica*, L.). Lavras: ESAL, 1991. 131p. (Dissertação-Mestrado em Ciência de Alimentos)

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.165-275.

MALAVOLTA, E.; YAMADA, T. G.; AROALDO, J. Nutrição e adubação do cafeeiro. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1981. 226 p.

MALTA, M.R.; SILVA, E.B.; MARCH, G.; NOGUEIRA, F.D.; CHAGAS, S.J.R. de; COSTA, L. Avaliação da qualidade do café beneficiado em função da classificação quanto a peneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 23.,1997, Manhuaçu, MG. Anais... Manhuaçu: SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1997. p.113-114.

MATIELO, J. B. O café do cultivo ao consumo. São Paulo: Globo, 1991. 320 p.

- MATIELLO, J. B.; MIGUEL, A. E.; VIEIRA, E. e ARANHA, E. Novas observações sobre os efeitos hídricos no pegamento da florada de cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 21., Caxambu, 1995. 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.
- MENDES, A. N. G.; ABRAHÃO, E. J.; CAMBRAIA, J. F. e GUIMARÃES, R. J. Recomendações Técnicas para a cultura de cafeeiros no sul de Minas. In: ENCONTRO SUL MINEIRO DE CAFEICULTORES, 1995, Lavras, MG. Anais... Lavras: UFLA, 1995. 76 p.
- MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.
- MIGUEL, A. E.; FRANCO, C. M.; MATIELLO, J. B. e 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.
- NAVELLIER, P. Coffe. In: **ENCYCLOPÉDIA of Industrial Chemical Analysis**. New York: Joh Wiley & Sons, 1970. v.19, p.373-447.
- NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v.153, n.1, p.370-380, 1944.

OLIVEIRA, J.C.; AMORIM, H.V.; SILVA, D.M.; TEIXEIRA, A.A. Atividade enzimática da polifenoloxidase de grãos de quatro espécies de café durante o armazenamento. *Científica, Jaboticabal*, v.4, n.2, p.114-119, 1976.

ORGANIZACION INTERMATIONAL DEL CAFÉ. **El despulpado del café por médio de desmucilagadoras mecánicas sin processo de fermentación y su efecto en la calidad de bebida de café producido en la región de Apucarana en el Estado de Paraná en Brasil.** Londres, 1992. n.p. (Reporte de Evaluación Sensorial)

PEREIRA, R. G. T. A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) “estritamente mole”.** Lavras: UFLA, 1997. 96 p. (tese de Doutorado)

PIMENTA, C. J. **Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de frutos colhidos em quatro estádios de maturação.** Lavras: UFLA, 1995. 94 p. (Dissertação-Mestrado em Ciência dos Alimentos)

PONTING, J.D.; JOSLYNG, M.A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. *Achives of Biochemistry*, New York, v.19, p.47-63, 1948.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, H.; CANTARELLA, M.E.; FERREIRA, A.S.; LOPES, A.S.; BATÁGLIA, O.C. **Análise química de solos para fins de fertilidade.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

- 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 CAFEIRA, 16., 1990, Espírito Santo do Pinhal. Anais... Espírito Santo do Pinhal , 1990. p. 19 – 21.
- RENA, A. B. e MAESTRI, M. Ecofisiologia do cafeeiro. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FÓSFORO. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba, SP., 1987. 249 p.
- ROTENBERG, B.; IACHAN, A. Contribuição ao estudo enzimático do grão de café. I. Tirosinase e lacase. *Revista Brasileira de Tecnologia*, São Paulo, v.3, p.155-159, 1972.
- RUIZ, H.A. Efeito do conteúdo de água sobre o transporte de fósforo em dois latossolos. Viçosa: UFV, 1986. 86p. (Tese de Doutorado).
- SANINT, O.B.; VALÉNCIA, A. Actividade enzimática en el grano de café en relación con la calidad de la bebida. I. Duración de la fermentación. *Cenicafé*, Caldas, v.23, p.59-71, 1972.
- SANTINATO, R.; CAMARGO, A. P.; VERRAED, I. J.; YAMAMUSHI, C. A.; HORIO, C. Y. Irrigação de cafezal com sistemas tripacs (tripa plástica e válvula CS) em região hídrica marginal para café arábica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIRA, 15., 1989, Maringá. Anais... Maringá, PR. 1989. p. 198-204.

- SILVA, A. M. Estudo do potencial hidroclimático para fins agrícolas.**
Lavras: UFLA, 1990. 53 p. (Relatório de pesquisa/CNPq. Processo n.º 402364/91-0)
- SILVA, E.B. Potássio para cafeeiro: efeito de fontes, doses e determinação de cloreto.** Lavras: UFLA, 1995. 87p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SINGLETON, V.L. The total phenolic content of grapes berries during the maturation of several varieties.** *American Journal Enology Viticulture*, Davis, CA, v.17, p.126-134, 1966.
- SOBRINHO, I. B.; MIGUEL, A. E.; MATIELLO, J.B. Efeito da irrigação suplementar na estação seca no desenvolvimento e produção de café arábica na região de Alta Floresta – MT. ° Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeira, 12., 1985, Caxambu, anais... Caxambu, MG. 1985. p. 191 – 193.**
- HORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance.** Centerton, N. J, 1955. 104 p. (Publications in climatology v. 8. n. 1).
- THREADGILL, E. D. Chemigation via sprinkler irrigation: Current status and future development.** *Applied Engeering. In Agriculture.* v. 1, n.1, p. 16-23. June 1985.
- TOSELLO, R. N. & REIS, A. J. Contribuição ao estudo da irrigação e restauração da lavoura velha de café. 1. Resultados da Estação Experimental de Ribeirão Preto.** *Bragantia, Campinas*, v. 20 p. 997-1044. 1961.

VILELA, E. de A.; RAMALHO, M. A. P. análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 3, n. 1, p. 71-79, 1979.

