



**EPIDEMIOLOGIA DA FERRUGEM E DA  
CERCOSPORIOSE EM CAFEIRO  
IRRIGADO E FERTIRRIGADO**

**JULIANA MORAES BOLDINI**

**2001**

53393

37752 MFW

**JULIANA MORAES BOLDINI**

**EPIDEMIOLOGIA DA FERRUGEM E DA CERCOSPORIOSE EM  
CAFEIRO IRRIGADO E FERTIRRIGADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de "Mestre".

**Orientador**

**Prof. Dr. Paulo Estevão de Souza**

**LAVRAS**

**MINAS GERAIS - BRASIL**

**2001**

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

**Boldini, Juliana Moraes**

Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado e fertirrigado  
/ Juliana Moraes Boldini. -- Lavras : UFLA, 2001.

67 p. : il.

Orientador: Paulo Estevão de Souza.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Café. 2. Irrigação. 3. Ferrugem. 4. Cercosporiose. 5. Fertirrigação.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.7398

**JULIANA MORAES BOLDINI**

**EPIDEMIOLOGIA DA FERRUGEM E DA CERCOSPORIOSE EM  
CAFEIRO IRRIGADO E FERTIRRIGADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Curso de  
Mestrado em Agronomia, área de concentração em  
Fitopatologia, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 14 de novembro de 2001.

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza

UFLA

Pesq. Dra. Sára Maria Chalfoun

EPAMIG



Prof. Dr. Paulo Estevão de Souza

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

**Ofereço,**

**Aos meus pais José Bernardes e Maria Rita,**

**Aos meus irmãos Ramiro e Silvana,**

**Aos tios Ângela e Savério,**

**Ao vô Luiz**

**Dedico,**

**À Deus.**

**“Digno és, Jeová, sim, nosso Deus, de receber a  
glória, e a honra e o poder, porque criaste todas as  
coisas e porque elas existiram e foram criadas por tua  
vontade”**

**(Revelação 4:11)**

## AGRADECIMENTOS

À Deus,

À Universidade Federal de Lavras, por me proporcionar valioso aprendizado,

À cidade de Lavras, por me acolher,

A todos os professores que contribuíram por minha formação,

Ao Departamento de Fitopatologia, por possibilitar o desenvolvimento da pesquisa,

À CAPES, pela concessão da bolsa,

Aos professores Paulo Estevão, Edson Ampélio Pozza, Sára Maria Chaulfoun, pela importante participação,

Ao professor Manoel Alves de Faria, por possibilitar o desenvolvimento desta pesquisa,

Aos funcionários do Departamento, Marcos, Leísa, Ana, pela convivência,

Ao Ednaldo, pela orientação em estatística,

À amiga Kalinka, por sempre estar presente e por sua valiosa amizade,

À amiga Eloísa, pela atenção e apoio,

Aos colegas Augusto, Edin, Daniel, Val, Vivi, pela contribuição,

Ao Wagner e Mirian, pelas informações,

“Agradecei a Jeová, porque ele é bom,

...

Agradecei ao Deus dos deuses,

...

Agradecei ao Senhor dos senhores,

...

Àquele que sozinho fez coisas maravilhosas, grandes:

Pois tua benevolência é por tempo indefinido”

(Salmos 136:1-4)

## **BIOGRAFIA**

Juliana Moraes Boldini, filha de José Bernardes Boldini e Maria Rita Castellano Moraes Boldini, nasceu em 4 de junho de 1974, na cidade de Ribeirão Preto, São Paulo.

Cursou o primeiro e segundo grau, na escola Nossa Senhora Auxiliadora, em Ribeirão Preto-SP, concluindo nos anos 1988 e 1991.

Em 1993, ingressou na Universidade Federal de Lavras (UFLA) na cidade de Lavras, Minas Gerais, onde formou-se em Engenharia Agrônômica no ano de 1998. Iniciou o curso de Mestrado em Fitopatologia, em 1999 na mesma universidade, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Estevão de Souza e co-orientação do Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza.

# SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	i
ABSTRACT .....	iii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
2.1 Condições ideais para o cultivo do café .....	3
2.2 Irrigação.....	4
2.3 Fertirrigação.....	8
2.4 Doenças do cafeeiro.....	9
2.4.1 Ferrugem ( <i>Hemileia vastatrix</i> Berk. & Br.) .....	10
2.4.2 Cercosporiose ( <i>Cercospora coffeicola</i> Berk. & Cooke) .....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.1 Área experimental.....	19
3.2 Delineamento experimental.....	19
3.3 Irrigação.....	20
3.4 Fertirrigação.....	21
3.5 Adubações.....	24
3.6 Avaliação das doenças .....	24
3.7 Avaliação do enfolhamento.....	25
3.8 Área abaixo da curva do progresso da doença e do enfolhamento (AACPD e AACPE).....	28
3.9 Dados climáticos .....	28
3.10 Colheita .....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
4.1 Colheita.....	30
4.2 Ferrugem do cafeeiro.....	32

4.3 Cercosporiose do cafeeiro.....	43
5 CONCLUSÕES .....	53
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
ANEXOS .....	63

## RESUMO

BOLDINI, Juliana Moraes. *Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado e fertirrigado*. 2001. 67p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)\* - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

A irrigação e a fertirrigação são práticas muito utilizadas para a expansão da cultura em regiões promissoras limitadas por baixas precipitações pluviométricas ou chuvas mal distribuídas, visando garantir boa produtividade. No entanto, pouco se conhece a respeito de sua influência sobre a cultura, ambiente e patógenos. O presente trabalho teve como objetivo, avaliar o efeito da irrigação e o da fertirrigação sob sistema de gotejamento, sobre a incidência e a severidade da ferrugem e cercosporiose do cafeeiro, principais doenças causadoras de queda de produtividade, e correlacionar com o enfolhamento, produtividade e condições climáticas do local. O experimento foi conduzido em área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras – MG, utilizando o cultivar Acaia Cerrado MG-1474 de três anos de idade, em espaçamento de 0,6 x 3,0 m. O delineamento experimental realizado em blocos ao acaso, foi composto por cinco parcelas, que receberam lâminas de irrigação de 0, 40, 60, 80 e 100% da evaporação do tanque Classe A (ECA), três subparcelas com parcelamentos de adubação nitrogenada e potássica em 3, 6 e 9 vezes, e quatro repetições. As parcelas foram compostas por 30 plantas, distribuídas em três fileiras (subparcelas) de 10 plantas cada, das quais somente oito foram consideradas úteis. As avaliações de incidência e severidade da ferrugem e cercosporiose nas folhas foram realizadas em intervalos de 14 dias, por meio dos sintomas observados em 8 folhas por planta, obtidas aleatoriamente no terço médio das plantas, entre o terceiro e quarto par de folhas do ramo. Nos frutos, avaliou-se a incidência e a severidade da cercosporiose com base nos sintomas observados em 140 frutos da subparcela e 420 frutos da parcela, obtidos quando a primeira lâmina a atingir o estágio de maturação foi colhida. Avaliou-se ainda, o enfolhamento das plantas, estabelecendo-se notas de 1 a 5, de acordo com a porcentagem de enfolhamento, sendo 1 (0 a 20%), 2 (21 a 40%), 3 (41 a 60%), 4 (61 a 80%) e 5 (81 a 100% de enfolhamento). Os resultados obtidos das avaliações de incidência e severidade das folhas e enfolhamento, foram transformados em área abaixo da curva do progresso da doença e do enfolhamento, respectivamente, antes de serem analisados estatisticamente. Dados climáticos de precipitação (mm), temperaturas máxima, média e mínima (°C), e umidade relativa do ar (%) foram obtidos diariamente pela Estação Climatológica do campus da Universidade Federal de Lavras para correlação com as doenças avaliadas. Com base nos resultados, verificou-se que, a incidência da ferrugem não foi influenciada pelas diferentes lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação. No entanto, houve maior severidade da ferrugem quando submetida a maiores lâminas de irrigação. Incidência e severidade estiveram correlacionadas negativamente com as variáveis climáticas em todos os tratamentos de

---

\* Comitê Orientador: Prof. Dr. Paulo Estevão de Souza - UFLA (Orientador), Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza - UFLA.

lâminas. Quanto à cercosporiose, a incidência e a severidade foi maior tanto nas folhas como nos frutos, quanto menor a lâmina de irrigação aplicada à cultura. A correlação entre a incidência da cercosporiose nos tratamentos de irrigação (40, 60, 80 e 100% ECA) e todas as variáveis climáticas, com exceção da umidade relativa foi significativamente negativa. As doenças ferrugem e cercosporiose, ocorreram com maior intensidade durante os meses de junho/julho e maio/junho, respectivamente. Houve ainda, correlação positiva entre o enfolhamento e a produtividade. Observou-se maior produtividade em plantas com maior enfolhamento, submetidas a maiores lâminas de irrigação. Os parcelamentos de adubação, isoladamente não influenciaram as variáveis analisadas, porém, interagindo com a máxima lâmina de irrigação (100% ECA), obtiveram maior produtividade da cultura e severidade da cercosporiose nas folhas quando a adubação foi parcelada em 3 vezes. Sob a lâmina 0% ECA, ocorreu maior incidência da cercosporiose nos frutos quando a adubação foi realizada em 3 ou 9 parcelamentos.

## ABSTRACT

BOLDINI, Juliana Moraes. *Epidemiology of rust and of brown eye spot of the irrigated and fertirrigated coffee tree*. 2001. 67p. Dissertation (Master in Phytopathology)\* - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Irrigation and fertirrigation are practices widely utilized for expanding the crop into promising regions limited by low rainfalls or badly distributed rains, aiming to warrant good yields. However, little is known about their influence on crop, environment and pathogens. The order of the present work was carried out to evaluate the effect of irrigation and fertirrigation under a dripping system in the incidence and severity of rust and brown eye spot, which is the diseases causing yield fall, and correlate with leafing, both yield and climatic conditions of the place. The experiment was carried out in an experimental area of the Agricultural Engineering department of the Universidade Federal de Lavras-MG, utilizing the cultivar Acaia Cerrado MG 1474 of three years in a 0.6 x 3.0 m spacing. The experimental design accomplished in randomized blocks consisted of five plots which were given irrigation depths of 0, 40, 60, 80 and 100% of the evaporation of the Class A pan (ECA), three subplots of nitrogen and potassium fertilization in 3, 6 and 9 splits, and four replicates. The plots consisted of 30 plants, allocated into three rows (subplots) of 10 plants each, from which only eight were considered useful. The evaluations of incidence and severity of rust and brown eye spot on the leaves were accomplished in 14 days intervals through the symptoms observed on 8 leaves per plant, randomly obtained on the medium third of the plants between the third and fourth pair of leaves on the branch. The incidence and severity of brown eye spot on the fruit was evaluated on the basis of the symptoms observed on 140 fruits of the subplot and 420 fruits of the plot, obtained when the first depth to reach the maturation stage was harvested. The leafing of the plants was still evaluated, by establishing scores of 1 to 5 according to the percentage of leafing, 1 being (0 to 20%), 2 (21 to 40%), 3 (41 to 60%), 4 (61 to 80%) and 5 (81 to 100% of leafing). The results obtained from the incidence and severity evaluations of the leaves and leafing were transformed into area below the progress curve of disease and leafing, respectively, before being assessed statistically. Climatic data of rainfall (mm), maximum, medium and minimum temperature (°C) and air relative humidity (%) were obtained daily from Universidade Federal de Lavras campus weather station for correlation with the diseases evaluated. On the basis of the results, it was found that the incidence of rust was not influenced by the different irrigation depths and fertilization splits. Nevertheless, there was a greater severity of rust when submitted to higher irrigation depths. Incidence and severity were correlated negatively with the climatic variables in all the treatments of depths. As to brown eye spot, both incidence and severity was the greater both on the leaves and on the fruits the lower the irrigation depth applied to the crop. The correlation between the incidence of brown eye spot in the irrigation

---

\* Supervising Committee: Paulo Estevão de Souza - UFLA (Adviser), Edson Ampélio Pozza-UFLA.

treatments (40, 60, 80 and 100% ECA) and all the climatic variables with the exception of relative moisture, was significantly negative. The diseases rust and brown eye spot occurred with greater intensity during the months of June/July and May/June, respectively. There was still a positive correlation on plants with a greater leafing submitted to higher irrigation depths. The fertilization splits singly did not influence the analyzed variables but in interacting with the maximum irrigation depth (100% ECA), the presented increased yield of the crop and severity of brown eye spot on the leaves when the fertilization was splitted into three times. Under 0% depth ECA, the highest incidence of brown eye spot on the fruits occurred when the fertilization was accomplished in 3 or 9 splits.

# 1 INTRODUÇÃO

A cultura cafeeira (*Coffea arabica* L.) é de grande importância para a economia nacional. Além de gerar recursos em torno de 2,5 bilhões de dólares anualmente ao país, gera empregos e renda nacional (Brasil... 2000).

O Brasil é o maior produtor e exportador de café e o segundo maior consumidor do mundo. No ano agrícola 99/00, dos 27 milhões de sacas de café produzidas no país, cerca de 36% da produção mundial, 18,4 milhões de sacas foram destinadas à exportação. Minas Gerais vem se destacando como o Estado maior produtor de café do país, participando com 51,16% da produção nacional (Anuário Estatístico do Café, 2001). No sul de Minas está concentrada cerca de 45 a 50% da produção do Estado (Anuário Estatístico do Brasil; FAO, 1996).

A cafeicultura pode ter sua produtividade reduzida por vários fatores, tais como condições climáticas adversas (escassez de chuvas em períodos críticos da cultura, geadas, entre outros), deficiência nutricional e doenças. Destacam-se a ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) e a cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke) como as principais e outras de importância secundária, como a mancha de Phoma (*Phoma* spp. Echandi), mancha de Ascochyta (*Ascochyta coffea* P. Henn), Rhizoctoniose (*Rhizoctonia solani* Kuhn), seca dos ponteiros (complexo de doenças) e mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) (Godoy et al., 1997).

A escassez e a má distribuição de chuvas em períodos críticos da cultura, pode ser superada, entre outros fatores, pela irrigação e fertirrigação, por possibilitar o cultivo em regiões limitadas por estas condições. A irrigação, apesar de ser favorável neste aspecto, deve ser conduzida de forma eficiente para

não propiciar outros problemas que possam acarretar perdas, como maior incidência de doenças em decorrência da alteração do microclima da cultura.

Estudos epidemiológicos das interações entre patógeno, hospedeiro e ambiente durante o ciclo da cultura, tornam-se necessários para serem adotadas medidas adequadas de manejo, de modo a se evitar grandes perdas na produção, ou gastos desnecessários para o controle.

O presente trabalho teve como objetivos, avaliar a incidência e a severidade da ferrugem e da cercosporiose, enfolhamento e produtividade em cafeeiros de três anos, sob condições de irrigação e fertirrigação por gotejamento.

Acredita-se que a irrigação e a fertirrigação podem alterar a fisiologia das plantas, promovendo maior desenvolvimento e produtividade das mesmas, podendo causar alterações no microclima da cultura, favorecendo o desenvolvimento de doenças.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Condições ideais para o cultivo do café

O cafeeiro, para vegetar e frutificar normalmente, necessita de umidade disponível no solo durante o período de setembro/outubro a abril/maio, épocas que coincidem com a floração até o enchimento dos grãos (Santinato et al., 1988).

A cultura é bastante maleável quanto à distribuição e quantidade de chuvas, desenvolvendo-se bem a precipitações em torno de 1200 a 1800 mm, suportando deficiências hídricas de 150 a 200 mm quando não atinge a fase de florescimento (Guimarães & Mendes, 1998). Em regiões com déficit hídrico acima desse limite, o cultivo do café só é possível se houver o fornecimento de água pela irrigação (Venkatesulu et al., 1995). Malavolta (1986) ressalta ainda a importância de haver um período de estresse hídrico moderado seguido de chuva pesada ou reirrigação, para o florescimento da cultura em sincronia.

Áreas com boa distribuição de chuvas e solos com boa capacidade de retenção hídrica, profundos (em torno de 120 cm), de textura média e estrutura granular de tamanho médio, são considerados ideais, segundo Guimarães & Mendes (1998), para o cultivo do café.

A cafeicultura desenvolve-se bem sob condições equatoriais cuja altitude está acima de 1000 m, pois não tolera variações muito amplas de temperatura. A faixa ideal está entre 18 e 21°C para café arábica e de até 26°C para robusta, estando temperaturas abaixo de 16°C e acima de 24°C no primeiro caso, inadequadas para o cultivo (Rena & Maestri, 1986). Em trabalhos mais recentes, temperaturas próximas de 35°C provocaram incremento da fotorrespiração, tanto em plantas de café, quanto de feijão (Mosquera-Sánchez et al., 1999).

Nas condições de Lavras-MG, Alves (1999) e Vilella (2001) observaram alterações nas condições climáticas de temperatura e pluviosidade nesses últimos anos, principais variações responsáveis pelo desenvolvimento da cultura. Os autores verificaram aumento na temperatura e redução das precipitações, com atraso do início do período chuvoso e períodos prolongados de estiagens durante a estação chuvosa.

Mesmo sob condições ideais ao cultivo do café, a cultura ainda pode ser prejudicada por fatores que interferem a sanidade da lavoura, se medidas de prevenção não forem tomadas na época devida. Assim, é necessário acompanhar o desenvolvimento da cultura durante todo o ano, com atenção especial quando essa for mais suscetível a patógenos e quando as condições climáticas favorecerem o desenvolvimento de microrganismos. Segundo López-Duque & Fernández-Borrero (1969a), as inflorescências mais importantes para a safra do ano, são aquelas que ocorrem aos quatro primeiros meses correspondentes ao período compreendido entre agosto e dezembro, sendo necessária a proteção dos frutos nessa época.

## **2.2 Irrigação**

A irrigação na cafeicultura é uma técnica muito utilizada para expansão da cultura em regiões promissoras, limitadas por baixas precipitações pluviométricas anuais ou chuvas mal distribuídas (Rotem & Palti, 1969). Sob condições ideais de pluviosidade, a irrigação tem sido adotada visando aumentar a produtividade (Naylor, 1990).

Atualmente, o território brasileiro possui cerca de 200 mil hectares de café irrigado, concentrando-se nos Estados de significativa produção, como Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo. Bahia, Goiás e Mato Grosso também estão abrindo espaço para o cultivo do café irrigado (Item...,2000).

Em locais onde costuma-se ocorrer déficit hídrico durante a época de florescimento e início de formação dos frutos, a produção pode ser comprometida se não houver fornecimento de água pela irrigação à cultura (Venkatesulu et al., 1995), visto ser essencial aos processos bioquímicos responsáveis ao bom desenvolvimento e produção das plantas (Jaramillo-Robledo et al., 1992; Rena & Maestri, 2000). Segundo Marimuthu (1996), o período de chuva insuficiente diminui o florescimento, reduzindo o peso e o tamanho das flores. A baixa disponibilidade de água no solo também pode prejudicar o crescimento, frutificação e outros importantes processos fisiológicos determinantes da produtividade do cafeeiro (Nunes, 1976; Santinato et al., 1988; Da Matta et al., 1997).

Miguel et al. (1988) observaram que a suspensão da irrigação por 30 dias em períodos compreendidos entre a 10ª e 20ª semana após a florada, afetou o desenvolvimento do fruto de café, e o período crítico da cultura à falta de água esteve compreendido entre 90 e 120 dias após o florescimento.

Períodos prolongados de déficit hídrico favoreceram a redução da taxa fotossintética líquida das plantas (Da Matta et al., 1997), a desfolha do cafeeiro, redução no pegamento da florada e queda prematura dos frutos (Santinato et al., 1988).

Estudos realizados utilizando irrigação, têm demonstrado benefícios na cultura do café, aumentando o desenvolvimento vegetativo (Kobayashi & Nagao, 1986; Mir-Azizuddin et al., 1994; Gervásio & Lima, 1998), enfolhamento (Santinato et al., 1988), floração, viabilidade das flores, pegamento (Santinato et al., 1988; Marimuthu, 1996) e conseqüentemente a produtividade e o rendimento da produção (Snoeck, 1977; Gathaara & Kiara, 1988; Naylor, 1990; Ram et al., 1992; Mir-Azizuddin et al., 1994; Venkatesulu et al., 1995). Sorice (1999) constatou também, redução no número de grãos

chochos e/ou secos, de até 65% em relação a testemunha, quando a cultura foi irrigada.

Plantas bem enfolhadas durante o período de florescimento e/ou naquele que o precedem, segundo Carvalho & Chalfoun (1998), garantem bom pegamento da florada, e dependendo de outros fatores, maior carga pendente.

A irrigação também tem demonstrado ser favorável ao desenvolvimento de raízes, como foi observado por Matiello et al. (1988) em mudas de cafeeiro irrigado.

Quanto ao custo, a cultura quando irrigada, não sofre risco de quebra de safra, o que por si só justifica o investimento. O prejuízo causado pela seca com a quebra de produtividade das safras, pode até superar o custo médio inicial de um sistema de irrigação por gotejamento. Além disso, as produções são sistematicamente maiores do que aquelas obtidas sem irrigação, garantindo o retorno do investimento ao longo dos anos. A cultura não irrigada, com o passar dos anos, entre o quinto e nono ano de produção, torna-se debilitada devido aos anos de seca, podendo até ser abandonada. No entanto, a cultura irrigada mantém um patamar elevado de produtividade, refletindo em ganhos acumulados em dez anos de produção, da ordem de 250% (2,5 vezes) em relação a lavoura não irrigada (Agrianual, 2002).

Embora Gathaara & Kiara (1988) não tenham observado diferenças significativas entre a altura das plantas, diâmetro do tronco, crescimento de extensão primário e rendimento da cultura entre os tratamentos de irrigação com 38, 76 e 100 mm em intervalos de 14, 21 e 28 dias, verificaram aumento global na produtividade de 43% e no crescimento das plantas, quando comparado ao tratamento não irrigado.

Alves (1999) e Vilella (2001), avaliando os efeitos de diferentes lâminas de irrigação no crescimento e produtividade da cultura cafeeira, observaram maior incremento no diâmetro do caule, diâmetro da copa e comprimento dos

ramos plagiotrópicos quando a cultura recebeu máxima lâmina de irrigação (100% da evaporação do tanque Classe A). O segundo autor também observou maior incremento na altura das plantas e maior número de internódios nos ramos plagiotrópicos. Quanto à produtividade, ambos obtiveram acréscimos na produção quando maiores lâminas de irrigação foram aplicadas.

Venkatesulu et al. (1995) obtiveram aumento no rendimento de 47% e de 95% em variedades de café arábica e robusta, respectivamente quando irrigadas.

O aumento no rendimento, segundo trabalho de Ram et al. (1992), foi de até 146% quando a irrigação foi realizada por micro-aspersão.

A irrigação também permite o florescimento sincronizado e a colheita precoce da cultura quando manejada adequadamente (Crisosto et al., 1992; Drinnan & Menzel, 1994). Estudos realizados por Browning & Fisher (1975) relatam que maiores períodos de estresse de seca, de cerca de 12 semanas antes da irrigação para o florescimento da cultura, proporcionou incremento de 70% na produção em relação às plantas submetidas a pequenos períodos de estresse. Isso ocorreu provavelmente devido ao maior acúmulo de giberelina inativa em maior número de botões florais durante a fase de maturação, sendo liberado com o aumento do potencial hídrico nas plantas para o florescimento (Barros et al., 1978).

Apesar das vantagens do uso da irrigação associadas à cultura cafeeira, pouco se conhece a respeito de sua influência sobre as principais doenças causadoras de perdas de produtividade, ferrugem e cercosporiose, podendo ocorrer alterações no microclima da cultura favorecendo o aumento das doenças.

Segundo trabalho de Muller (1975), a cultura cafeeira quando irrigada resiste melhor à ferrugem e a doenças que atacam os frutos, podendo reduzir o uso de produtos para o controle.

Por outro lado, em trabalho realizado por Silva-Acuña et al. (1997), visando o controle da ferrugem com triadimefon e dissulfoton aplicados ao solo

em plantas irrigadas sob a “saia” com regador de crivos ou expostas somente às condições ambientais, observaram maior proporção de folhas doentes quando as parcelas foram irrigadas.

As contradições nos trabalhos acima justificam-se, já que estudos realizados por Juliatti et al. (2000a) em Araguari, no Triângulo Mineiro, demonstram que a intensidade de ataque da ferrugem à cultura dependeu da condição de irrigação aplicada. Entre os sistemas de irrigação utilizados, como gotejamento, mangueira plástica perfurada e pivô central, houve maior intensidade da doença quando a cultura foi irrigada por mangueira plástica perfurada e pivô central, devido ao molhamento foliar.

Em trabalho realizado por Rotem & Palti (1969), a irrigação além de afetar o vigor, taxa de crescimento e desenvolvimento total da planta, por estender o período de crescimento, pode resultar em microclima favorável ao desenvolvimento de patógenos.

Talamini (1999), utilizando diferentes lâminas de irrigação por gotejamento na cultura cafeeira, não observou efeito no progresso da ferrugem. No entanto, houve maior intensidade da cercosporiose nas folhas do cafeeiro quando submeteu-se a menores lâminas de irrigação.

### **2.3 Fertirrigação**

O fornecimento de nutrientes ao solo via água de irrigação viabiliza a irrigação, pois ajuda a reduzir os custos de implantação do sistema. Para isso torna-se necessário o conhecimento de possíveis fontes a serem utilizadas, para melhor desempenho do equipamento e absorção dos nutrientes pelas plantas. Fontes de adubação potássicas isentas de cloreto, tais como nitrato de potássio e sulfato de potássio, segundo Nogueira et al. (1998), beneficiam a qualidade do café.

Segundo Omotoso (1974), a irrigação permite melhor fluxo de nutrientes às plantas, proporcionando maior concentração nas folhas, tanto em plantas fertirrigadas quanto nas que não foram.

Em relação à produtividade, Soares et al. (2001) comparando a fertilização tradicional do cafeeiro com a fertirrigação em lavoura Catuaí, verificaram em tratamentos irrigados e fertirrigados o dobro da produtividade em relação ao não irrigado, e aumento de 25% comparado à adubação convencional. O melhor resultado foi obtido com a aplicação de hidra-plus na fórmula 19:04:19, apresentando maior crescimento vegetativo quando fertirrigados com nitratos de cálcio e potássio.

Sorice (1999), analisando o efeito de parcelamentos de adubação via fertirrigação em 12, 24 e 36 vezes, sobre a produtividade e qualidade do café e época de início de aplicação, verificou aumento na produção de 106% em parcelas fertirrigadas em 36 parcelamentos em relação a testemunha. A adubação, quando iniciada em junho, aumentou cerca de 120% a produção cultura em relação à testemunha. Quanto à qualidade de bebida, o parcelamento em 24 vezes da fertirrigação iniciada em junho proporcionou melhor qualidade, classificado como café tipo fino (mole e apenas mole), e melhor classificação de peneira, sendo igual ou superior a 16.

Apesar da fertirrigação ser uma técnica cada vez mais utilizada pelos produtores, pouco se conhece a respeito de sua influência no desenvolvimento, produtividade e doenças do cafeeiro.

## 2.4 Doenças do Cafeeiro

Há uma série de doenças prejudiciais à cultura cafeeira, causadas por bactérias, vírus, nematóides e principalmente por fungos. Entre esses, destacam-se *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., *Pythium*, *Cercospora coffeicola*, *Hemileia vastatrix*, *Phoma* sp., *Ascochyta coffeae*, *Rosellinia bunodes* e *Colletotrichum*

*coffeanum*, capazes de causar desde a redução no desenvolvimento das plantas, raquitismo, seca dos ponteiros, queda elevada de folhas, murcha, redução na produção, até a morte, dependendo do agente etiológico, das condições climáticas e da suscetibilidade do hospedeiro (Godoy et al., 1997; Chalfoun, 1997).

Nesse trabalho foi dada maior ênfase à ferrugem e à cercosporiose, principais doenças causadoras de desfolha e redução da produção de muitas lavouras da região.

#### **2.4.1 Ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.)**

Essa doença tem sido o principal problema da cultura do café em todas as regiões do mundo onde é cultivado. Foi primeiramente relatada no Ceilão (Sri Lanka) por Berkeley em 1868, e no Brasil, foi constatada no estado da Bahia em 1970 (Godoy et al., 1997).

Os sintomas são evidenciados nas folhas, aproximadamente entre o 7<sup>o</sup> e 15<sup>o</sup> dia após a penetração do patógeno, dependendo da suscetibilidade da planta e temperatura para seu desenvolvimento.

Pequenas manchas cloróticas translúcidas aumentam de tamanho e tornam-se pulverulentas, de coloração amarelo-alaranjada pela formação de uredosporos na face inferior do limbo foliar, podendo permanecer viáveis por até três meses durante o período seco. Essa região infectada, corresponde a áreas descoloridas de mesma extensão na superfície superior do limbo (Mansk, 1990; Zambolim et al., 1994; Godoy et al., 1997).

A doença desenvolve-se sob condições de temperaturas entre 21 e 25°C, molhamento foliar (Silva-Acuña et al., 1998; Vale et al., 2000b), umidade elevada, sombreamento e chuvas frequentes (Godoy et al., 1997). Estudos realizados em condições de campo, ainda revelam ser disseminada com maior velocidade, nos meses cuja temperatura média permanece em torno de 24 e 25°C

(Mansk, 1990). A temperatura exerce grande influência tanto sobre o processo de germinação e infecção, quanto no período de incubação e latência do patógeno (Carvalho & Chalfoun, 1998). Segundo Chalfoun & Zambolim (1985), em Minas Gerais, os maiores períodos de incubação ocorrem durante os meses de inverno, coincidindo com as condições de baixas precipitações entre abril e agosto. Vale et al. (2000a), verificaram que o período latente da doença pode variar entre 19 e 60 dias, quando prevalecem temperaturas elevadas no verão, e baixas no inverno, respectivamente. Leguizamón-Caycedo et al. (1998), também verificaram diferenças quanto ao período de incubação entre plantas expostas ao sol e à sombra. O período variou entre 22 e 24 dias quando expostas ao sol e de 18 a 22 dias à sombra, levando em consideração as temperaturas do ar mantidas entre 16 e 28°C.

A evolução da doença depende também de determinadas condições do hospedeiro, como o grau de enfolhamento no início da estação chuvosa (Miguel et al, 1977; Terrones, 1984). Bock (1962) verificou que a maior taxa de progresso da ferrugem na lavoura está relacionada com o grau de enfolhamento, nível de inóculo no início da estação chuvosa e a distribuição e intensidade das chuvas. Loaisiga et al. (1996) também revelam o importante efeito do inóculo residual na epidemia e, chuvas moderadas são determinantes do desenvolvimento do período. Em trabalho realizado por Souza (1980), a elevação da incidência da ferrugem ocorreu entre 5 a 6 meses após o início das chuvas, em janeiro/fevereiro, mesmo sob condições adequadas de chuva a partir de setembro/outubro, em função do baixo grau de enfolhamento e baixa quantidade de inóculo residual da estação seca.

O dano econômico causado pela ferrugem ocorre devido a extensiva e prematura queda das folhas e pela redução da área fotossinteticamente ativa (Chalfoun & Zambolim, 1985), pois caso ocorram antes do florescimento, podem causar alterações no desenvolvimento de botões florais, e

conseqüentemente na frutificação, afetando a safra do ano seguinte (Godoy et al., 1997). Desfolhas sucessivas ainda podem provocar a seca dos ramos ponteiros e laterais, reduzindo a vida útil da lavoura (Mansk, 1990).

Segundo Carvalho & Souza (1998), a desfolha natural dos cafeeiros pode chegar a 60% devido a frutificação e as condições climáticas, ou até 90% pela queda prematura provocada pela ferrugem, ocorrendo retardamento no desenvolvimento de mudas, e redução da produção, dependendo do estágio de desenvolvimento da cultura. Alvarado-Alvarado & Castillo-Zapata (1996), também relacionaram incidência da ferrugem com a desfolha das plantas, pois observaram baixos índices de incidência quando houve intensa desfolha.

Acuña (1985), Silva-Acuña et al. (1994) observaram relação direta entre o progresso da doença e a queda de folhas. Em tratamentos com menores índices de infecção, ocorreram menores proporções de queda de folhas com ferrugem. Maiores desfolhas provocadas pelo patógeno, refletiram de maneira direta na produção da safra seguinte, reduzindo a níveis baixos ou muito baixos os rendimentos de produção. Loaisiga et al. (1996) constataram desenvolvimento da epidemia com o período natural de desfolha, sendo intensivamente influenciada pela incidência da ferrugem.

As perdas causadas nas regiões cafeeiras do Brasil são estimadas em torno de 35% sob condições favoráveis à doença, podendo chegar até mais de 50% se houver estiagem prolongada nos períodos de maior severidade da doença (Zambolim et al., 1994). Sierra-Sanz & Montoya-Restrepo (1995), observaram desfolhas de 45 a 60% no período que coincide com a fase linear da epidemia em condições ideais para o desenvolvimento, afetando a produtividade do mesmo ano em 30% e no do ano seguinte, entre 20 e 40%.

Cafeeiros com alta densidade foliar no início do período chuvoso, alta carga pendente e mal nutridos, estão mais vulneráveis ao ataque da doença e sujeitos a uma alta incidência e severidade (Zambolim et al., 1994; Carvalho &

Chalfoun, 1998), sendo necessário maior atenção na adoção de medidas de controle a fim de evitar epidemias. Alvarado-Alvarado & Castillo-Zapata (1996), verificaram maior intensidade da doença em ramos em produção comparado aos ainda em diferenciação floral, pois a enfermidade iniciou aproximadamente quatro meses após os ramos em produção.

Trabalhos têm demonstrado haver correlação positiva entre a produção do cafeeiro e a incidência da ferrugem, ocorrendo maiores índices de infecção quanto maior a produtividade. Em estudos realizados por Acuña (1985), plantas com maior carga pendente apresentaram maior porcentagem de folhas com ferrugem, área infectada, e maior proporção de queda de folhas. Maior taxa de infecção diária causada pela ferrugem foi observada em plantas com carga pendente (0,40%), e menor, na ausência desta (0,31%) (Sierra-Sanz & Montoya-Restrepo, 1995).

Chalfoun & Carvalho (1987), estudando o efeito da ferrugem sobre a produção e a composição química das folhas do cafeeiro, verificaram maior índice de infecção, cerca de 42,5% em plantas em produção, em relação às plantas sem carga pendente, com 4,2% de infecção. Observaram ainda, menor concentração de compostos fenólicos de ação fungitóxica, nas folhas de cafeeiros com alta produção, tornando-as mais suscetíveis (Eskes & Souza, 1981) ao ataque do patógeno.

Chalfoun et al. (1978) relatam a existência de uma correlação negativa entre o nível de carga e o índice de infecção do ano anterior, ou seja, elevado índice de ferrugem em determinado ano, afeta a produtividade do ano seguinte.

Outro fator a interferir na suscetibilidade das plantas às doenças, é a condição nutricional que se encontram. Segundo os resultados obtidos por Pereira et al. (1996), a aplicação de adubos nitrogenados parceladamente, especialmente o sulfato de amônia (N-NH<sub>4</sub>), pode induzir resistência parcial à *Hemileia vastatrix*.

Ramirez et al. (1997) perceberam que a taxa de incidência da ferrugem manteve-se abaixo de 5% quando a cultura foi adubada com maiores doses de potássio.

Silva-Acuña et al. (1992) verificaram em épocas de maior incidência da doença, tanto em plantas com carga pendente (100% e 50%) quanto plantas sem carga, baixos teores de N, P, K e S, enquanto os teores de Ca e Mg aumentaram nos tratamentos com carga.

A maior intensidade da doença, de acordo com Oseguera (1980) no município de Ponte Nova – MG, ocorreu no período de março a maio, sendo relativamente baixa de setembro a dezembro. Vale et al. (2000b), verificaram picos de severidade e taxa crescente da ferrugem, de novembro a março, devido à ocorrência de condições favoráveis à infecção.

Na região de Lavras, sul de Minas Gerais, Talamini (1999) trabalhando com cafeeiro irrigado por gotejamento, constatou maior intensidade da doença durante os meses de janeiro e fevereiro, época em que as plantas apresentavam alta carga pendente de frutos.

No município de Araguari, Juliatti et al. (2000a), conduzindo a cultura sob diferentes sistemas de irrigação e lâminas d'água, verificaram maior incidência da doença nos meses de julho e agosto no ano agrícola de 1997/98.

Como maneira de prevenir a epidemia da doença, recomenda-se fazer aplicações de fungicidas protetores a base de cobre (oxicloreto de cobre ou hidróxido de cobre), antes do período favorável ao progresso da doença, devendo levar em consideração o nível de inóculo e a fisiologia da planta, principalmente no que se refere ao enfolhamento e carga pendente, para estabelecimento da época de início do tratamento e produto a ser aplicado (Acuña, 1985; Zambolim et al., 1994; Chalfoun, 1997). A carga pendente é fator de grande influência na evolução da ferrugem, e deve ser levada em

consideração nos programas de controle (Matiello & Mansk, 1984), pois quanto maior a produção, maior o índice de infecção (Miguel et al., 1977).

Devido a mudanças no clima nas regiões cafeeicultoras de Minas Gerais, com atraso do período chuvoso e elevação de temperaturas no verão, a ferrugem tem iniciado depois do período previsto, quando as pulverizações já foram encerradas ou os teores de resíduos dos produtos já tenham perdido a eficácia do controle (Chalfoun & Carvalho, 1999).

#### **2.4.2 Cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke.)**

A cercosporiose, também conhecida como mancha-do-olho-pardo, é uma das doenças mais conhecidas das Américas, sendo relatada no Brasil desde 1887 (Zambolim et al., 1994; Godoy et al., 1997). Essa doença, foi relatada em todas as regiões cafeeiras do Brasil e do mundo, provocando grandes perdas econômicas (Carvalho & Chalfoun, 1998).

Os sintomas podem ser verificados tanto nas folhas como nos frutos. Nas folhas, inicialmente ocorrem pequenos pontos necróticos de coloração marrom-escuro de aproximadamente 1mm que aumentam de tamanho, tornam-se circulares, de coloração pardo-clara a marrom escura com o centro branco-acinzentado, envolvidos por um anel arroxeado (Echandi, 1959; Godoy et al., 1997). Em viveiros de café, por causa da doença, pode-se verificar intensa desfolha, prejudicando o desenvolvimento das mudas, tornando-as impróprias ao cultivo (Fernández-Borrero et al., 1966; López-Duque & Fernández-Borrero, 1969b; Cadena-Gómez, 1982). De acordo com Valência (1970) e Echandi (1959), a desfolha ocorre devido à produção excessiva de etileno pelas folhas atacadas pelo patógeno, podendo causar até a seca e morte dos ramos e mudas. Em cafezais novos, de 2 a 3 anos de idade, devido a translocação intensa de nutrientes das folhas para os frutos, as plantas tornam-se mais susceptíveis ao patógeno principalmente se não forem adubadas adequadamente (Mansk, 1990).

Nos frutos, os sintomas da enfermidade, segundo López-Duque & Fernández-Borrero (1969a), começam a manifestar aos quatro meses depois da floração, época em que Salazar-Gutiérrez et al. (1994) encontraram máximo teor de umidade nos frutos durante todo o período de desenvolvimento (84,25%). Nesta fase, o endosperma encontra-se formado e está endurecendo, razão pela qual podem ocorrer grãos mal formados ou deteriorados, por não completar seu crescimento. Os frutos atacados em processo de maturação, não sofrem infecção intensa, mas necrose. Esses crescem e desenvolvem-se em tempo normal, diferentemente de quando atacados ainda jovens, ocorrendo maturação e queda precoce. Os sintomas geralmente iniciam-se por pequenos pontos necróticos ou manchas anulares avermelhadas que aumentam de tamanho e alongam-se em sentido das extremidades dos frutos. As lesões tornam-se castanhas, deprimidas até o amadurecimento dos frutos. Esses, apresentam-se ressecados e escuros, com a casca aderida à semente (Godoy et al., 1997; López-Duque & Fernández-Borrero, 1969a). Em ataques mais severos pode causar a queda prematura dos frutos, levando a perdas de até 30% da produção (Miguel et al., 1975).

As condições ideais para a ocorrência e o progresso da doença são temperaturas em torno de 10 e 25°C, e umidade relativa elevada, para a esporulação do patógeno (Godoy et al., 1997). López-Duque & Fernández-Borrero (1969a), observaram relação direta entre a esporulação do fungo e a umidade relativa. Devido às condições de elevada umidade durante todo o ano, a produção de conídios manteve-se alta. Períodos prolongados de alta umidade e intensa luz solar, favoreceram a esporulação do patógeno mesmo quando a precipitação manteve-se baixa. Echandi (1959) observou ainda, maior crescimento, esporulação do patógeno e maior rapidez na germinação dos conídios, quando as temperaturas estavam a 24 e 30°C, respectivamente, sendo necessário estarem cobertos por uma película de água para germinarem. Condições de déficit hídrico do solo, ventos frios, insolação intensa, e precário

estado nutricional das plantas, também predispõem as plantas ao ataque do patógeno, podendo levar ao aumento da intensidade da doença no campo (Carvalho & Chalfoun, 1998).

Echandi (1959), verificou em plantas irrigadas, menor número de folhas com sintomas da cercosporiose e queda de folhas em relação às plantas desprovidas de irrigação ou que receberam pouca água.

A disseminação pode ocorrer pelo vento, água, insetos, e sob condições favoráveis, garantem a permanência do patógeno no hospedeiro (Godoy et al., 1997; Carvalho & Chalfoun, 1998).

O período de maior incidência da doença, geralmente ocorre nos meses de janeiro a abril, indicando controle a partir de dezembro a janeiro para prevenção de uma epidemia (Godoy et al., 1997). No entanto, Juliatti et al. (2000b) verificaram maior incidência da doença entre maio e fim de julho, devido provavelmente às baixas temperaturas durante esse período, associada à perda ou redução do nível de nitrogênio nas folhas.

Talamini (1999), em trabalho realizado com cafeeiro irrigado por gotejamento em Lavras-MG, utilizando diferentes níveis de lâmina de irrigação e parcelamentos de adubação, observou aumento na intensidade da cercosporiose com a redução de água aplicada, especialmente nas parcelas não irrigadas. Verificou-se ainda maior incidência da cercosporiose nos meses de maio a junho.

Vários trabalhos têm demonstrado haver relação direta entre o estado nutricional da planta e a intensidade de ataque da doença. Cadena-Gómez (1982), trabalhando com diferentes proporções de casca de café, ricos em macro e micronutrientes, e solo esterelizado, obteve bons resultados quando utilizou a mistura de 25% de casca para 75% de solo, para formação de mudas vigorosas e livres da cercosporiose.

Fernández-Borrero et al. (1966) observaram em tratamentos com maiores quantidades de fertilizantes aplicados às plantas, menor porcentagem de infecção e de perda causada pela cercosporiose, sendo que, naquelas não fertilizadas, houve intenso ataque da doença, refletindo em forte desfolhamento e enfraquecimento das plantas.

Alexandre-Pozza (1999), avaliando o efeito de diferentes doses de nitrogênio e potássio sobre a intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiros de seis meses de cultivo, verificou redução da área foliar lesionada (%) pela cercosporiose sob maiores doses de nitrogênio e menores de potássio. Menores doses de nitrogênio e maiores de potássio resultou em maior intensidade da doença, aumento no número total de lesões causadas pela cercosporiose, no número de lesões por folha e na desfolha (%), devido provavelmente à redução de Ca e Cu nas folhas pela maior concentração do potássio. Ramirez et al. (1997) também relacionaram maior dose de nitrogênio aplicado à cultura com a redução significativa da taxa de incidência da cercosporiose, aumentando a produtividade quando as plantas também foram adubadas com potássio.

Maiores níveis de potássio combinados com o fósforo, tiveram efeito positivo na redução da cercosporiose do cafeeiro, segundo trabalho de Fernandes (1988).

Fernández-Borrero & López-Duque (1971) observaram redução significativa no índice de infecção e na porcentagem de desfolhação em mudas de café fertilizadas com nitrogênio. No entanto, não verificaram efeito benéfico no controle da doença quando aplicou-se fósforo e potássio sozinhos ou combinados.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido em área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras, localizado a uma altitude de 918 metros, latitude sul de 21°14', longitude oeste de 45°00' com precipitação e temperatura média anual de 1530 mm e 19,4°C, respectivamente.

O solo é do tipo Latossolo Vermelho Escuro Distrófico, de textura argilosa (68%).

O cultivar Acaiá Cerrado MG 1474, suscetível a ferrugem e cercosporiose, foi plantado em março de 1997 em sistema semi-adensado no espaçamento de 0,60 x 3,00 m.

### 3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental realizado em blocos ao acaso, foi constituído por 15 tratamentos, sendo cinco parcelas (lâminas irrigação 0, 40, 60, 80 e 100% da evaporação do tanque Classe A - ECA), três subparcelas (parcelamentos de adubação nitrogenada e potássica em 3, 6 e 9 vezes), e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por 30 plantas, distribuídas em três fileiras de 10 plantas. Cada fileira representava uma subparcela que recebia adubação nitrogenada e potássica em parcelamentos diferenciados.

As avaliações foram realizadas em somente oito plantas centrais, consideradas úteis em cada tratamento.

### 3.3 Irrigação

A irrigação do experimento foi realizada pelo sistema de gotejamento, constituído por unidade central de controle (sistema de bombeamento, filtros de areia e de disco, válvulas solenóides, controlador de vazão, injetor de fertilizantes, manômetros e conexões), linha principal de tubos PVC, PN80, linhas de derivação de PVC, PN60, linhas laterais de tubo flexível de polietileno, PN40, registros e gotejadores.

Os gotejadores autocompensantes, com vazão nominal de 3,78 L/h e pressão de serviço de 5 a 35 mca (metros coluna d'água), foram instalados em espaçamentos de 0,40 m.

O manejo da irrigação foi realizado com base na evaporação do tanque Classe A (ECA) a partir dos dados da Curva de Retenção de Água no Solo e de acordo com as exigências hídricas da cultura do café, sugeridos por Santinato et al. (1996); estabelecendo o momento de irrigar, quando a lâmina de evaporação acumulada no tanque atingia 40 mm.

Os tratamentos lâminas de irrigação, receberam um volume aplicado fixo, baseado na porcentagem de reposição da lâmina evaporada pelo tanque Classe A, como pode ser observado na Tabela 1.

TABELA 1. Porcentagem de reposição da lâmina evaporada do tanque Classe A (ECA-%), lâmina (ECA-mm) e volume aplicado (L), utilizados em cada tratamento de lâmina.

Lâminas	ECA (%)	ECA (mm)	Volume aplicado * (L)
L 0	0	0	0
L 4	40	16	57,6
L 3	60	24	86,4
L 2	80	32	115,2
L 1	100	40	144,0

\* Área molhada média de cada lâmina = 3,60 m<sup>2</sup>

O volume de água aplicado em cada lâmina foi obtido por meio da equação que se segue:

$$V_{\text{apl.}} = L * A_m$$

Onde:

$V_{\text{apl.}}$  = Volume aplicado (L)

L = Lâmina aplicada (mm)

$A_m$  = Área molhada média (m<sup>2</sup>)

### 3.4 Fertirrigação

As fertirrigações foram realizadas utilizando uréia e cloreto de potássio para fornecer nitrogênio e potássio em 3, 6 e 9 parcelamentos de adubação. Os tratamentos não irrigados (lâmina de irrigação 0% ECA), foram adubados manualmente com distribuição dos nutrientes na superfície do solo, de acordo com o parcelamento. A quantidade de adubo aplicada no sistema, foi determinada com base na análise química do solo e das folhas após o período de colheita da última safra, sendo dividida de acordo com o número de parcelamentos pré-determinados.

O volume de água aplicado em cada fertirrigação foi o mesmo para todos os tratamentos, para não ocorrer interferência nos resultados obtidos por lâmina.

No período de 1998/1999, foram aplicados 90g de nitrogênio e 60g de potássio por planta, conforme o calendário estabelecido na Tabela 2.

Para o período de 1999/2000, a quantidade de adubo aplicada nos tratamentos, foi de 180g de nitrogênio e 120g de potássio por planta, distribuídos de acordo com o calendário descrito na Tabela 3.

TABELA 2. Datas em que os tratamentos subparcelas (parcelamentos) receberam irrigação/fertirrigação, durante o período de 25 de outubro de 1998 a 1 de novembro de 1999.

Ano	Dia/Mês	Irrigação (parcelamentos)	Fertirrigação (parcelamentos)
1998	25/outubro	9	3, 6
	19/novembro	3, 6	9
	25/novembro	3, 9	6
	5/dezembro	3, 6	9
	21/dezembro	3	6, 9
1999	2/janeiro	3, 6, 9	-
	6/janeiro	3, 6	9
	11/janeiro	6, 9	3
	20/janeiro	3, 6, 9	-
	22/janeiro	3, 6	9
	25/janeiro	3, 9	6
	7/fevereiro	3, 6	9
	23/fevereiro	3, 6	9
	25/fevereiro	3, 9	6
	11/março	3, 6	9
	27/março	3, 6	9
	28/março	3, 9	6
	31/março	6, 9	3
	7/abril	3, 6, 9	-
	22/abril	3, 6, 9	-
	28/abril	3, 6, 9	-
	3/maio	3, 6, 9	-
	16/maio	3, 6, 9	-
	27/maio	3, 6, 9	-
	7/junho	3, 6, 9	-
	11/agosto	3, 6, 9	-
	20/agosto	3, 6, 9	-
	26/agosto	3, 6, 9	-
	2/setembro	3, 6, 9	-
	9/setembro	3, 6, 9	-
	20/setembro	3, 6, 9	-
	27/setembro	3, 6, 9	-
	30/setembro	3, 6, 9	-
	4/outubro	3, 6, 9	-
	11/outubro	3, 6, 9	-
	18/outubro	3, 6, 9	-
1/novembro	3, 6, 9	-	

TABELA 3. Datas das irrigações/fertirrigações nas subparcelas, durante o período de 25 de novembro de 1999 a 30 de agosto de 2000.

Ano	Dia/Mês	Irrigação (parcelamentos)	Fertirrigação (parcelamentos)
1999	25/novembro	-	3, 6, 9
	2/dezembro	3, 6, 9	-
	10/dezembro	3, 6	9
	16 dezembro	3, 9	6
	21/dezembro	3, 6	9
	22/dezembro	3, 6, 9	-
2000	11/janeiro	-	3, 6, 9
	13/fevereiro	3, 6	9
	22/fevereiro	3, 9	6
	28/fevereiro	3, 6, 9	-
	1/março	3, 6	9
	22/março	6, 9	3
	23/março	3	6, 9
	5/abril	3, 6	9
	11/abril	3, 6, 9	-
	12/abril	3, 9	6
	19/abril	3, 6, 9	-
	20/abril	3, 6, 9	-
	26/abril	3, 6	9
	3/maio	3, 6, 9	-
	15/maio	3, 6, 9	-
	22/maio	3, 6, 9	-
	5/junho	3, 6, 9	-
	27/junho	3, 6, 9	-
	8/julho	3, 6, 9	-
	22/julho	3, 6, 9	-
2/agosto	3, 6, 9	-	
14/agosto	3, 6, 9	-	
21/agosto	3, 6, 9	-	
30/agosto	3, 6, 9	-	

### 3.5 Adubações

Durante o período de avaliação do experimento, houve a necessidade de adubações do solo, foliares, bem como correção do pH do solo.

Foram realizadas adubações corretivas do solo com 80g de sulfato de magnésio por planta no dia 12 de janeiro, e 200 g de calcário dolomítico no dia 28 de setembro de 1999. A adubação foliar realizada no dia 1 de dezembro, foi necessária para o fornecimento de 0,5% de sulfato de zinco às plantas. Para o ano 2000, no dia 24 de fevereiro, foram aplicados 200g de calcário dolomítico calcinado por planta no solo, e no dia 29 de fevereiro, 0,5% de sulfato de zinco via adubação foliar.

### 3.6 Avaliação das doenças

Avaliou-se a incidência e a severidade da ferrugem e da cercosporiose nas folhas do cafeeiro em intervalos de 14 dias, durante o período de 3 de julho de 1999 a 26 de agosto de 2000.

A avaliação das doenças nas folhas foi realizada na própria planta, com base nos sintomas encontrados em 8 folhas por planta, obtidas aleatoriamente em ramos localizados no terço médio, amostradas ao acaso do terceiro ao quarto par de folhas em cada 8 plantas da subparcela (parcelamentos) e 24 plantas da parcela (lâminas).

Nos frutos, a avaliação da cercosporiose foi feita observando-se os sintomas de 140 frutos coletados aleatoriamente no terço médio das plantas de cada subparcela, sendo 70 frutos de cada lado da rua da subparcela, totalizando 420 frutos por parcela. A amostragem foi feita quando o primeiro tratamento a atingir a maturação foi colhido.

A incidência das doenças foi obtida a partir do número de folhas (ou frutos) com sintomas e o número total de folhas (frutos) avaliadas (os), aplicando-se na seguinte equação:

$$I(\%) = \frac{NFD}{NTF} * 100$$

I (%) = Incidência em porcentagem;

NFD = Número de folhas (frutos) doentes;

NTF = Número total de folhas (frutos) amostrados.

A severidade da ferrugem e da cercosporiose foi avaliada por meio de escalas estabelecidas por Kushalappa e Chaves (1980) e Fernandes (1988), respectivamente.

A avaliação da severidade da cercosporiose em frutos de café baseou-se em escala de notas de 0 a 3, de acordo com a área do fruto lesionada, como pode ser observado na Figura 1, sendo 0 (fruto sadio); 1 (fruto com lesão de 1 a 25%); 2 (lesão de 26 a 50%), e 3 (fruto com lesão maior que 50%).

### **3.7 Avaliação do enfolhamento**

Com o objetivo de verificar o efeito das doenças no enfolhamento da cultura, realizou-se avaliações durante o período de 25 de setembro de 1999 a 26 de agosto de 2000.

As avaliações foram realizadas em intervalos de 14 dias, estabelecendo-se notas de 1 a 5, de acordo com a porcentagem de enfolhamento das plantas, sendo 1 (0 a 20% de enfolhamento); 2 (21 a 40%); 3 (41 a 60%); 4 (61 a 80%) e 5 (81 a 100%), para cada 8 plantas da subparcela (parcelamentos) e 24 plantas da parcela (lâminas), como mostra a Figura 2.



0

1

2

3

FIGURA 1. Escala diagramática para avaliar a severidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em frutos do cafeeiro, sendo as notas 0 (0% da área lesionada), 1 (1 a 25%), 2 (26 a 50%) e 3 (51 a 100%).



1

2

3

4

5

**FIGURA 2.** Escala diagramática de enfolhamento em cafeeiro, representada pelas notas: 1 (0 a 20% de enfolhamento), 2 (21 a 40%), 3 (41 a 60%), 4 (61 a 80%) e 5 (81 a 100%).

### 3.8 Área abaixo da curva de progresso da doença e do enfolhamento (AACPD e AACPE)

Os dados de incidência e severidade da ferrugem e cercosporiose nas folhas do cafeeiro, bem como de enfolhamento, obtidos durante o período das avaliações, foram transformados em área abaixo da curva de progresso a partir da equação:

$$\text{AACPD(E)} = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(Y_i + Y_{i+1})}{2} * (T_{i+1} - T_i)$$

Sendo:

AACPD(E) = Área abaixo da curva de progresso da doença ou do enfolhamento;

$Y_i$  = Proporção da doença (enfolhamento) na  $i$ -ésima observação;

$T_i$  = Tempo em dias na  $i$ -ésima observação;

$N$  = Número total de observações.

A partir dos valores obtidos de AACPD e AACPE, realizou-se as análises estatísticas de variância e de correlação.

### 3.9 Dados climáticos

Os dados climáticos de precipitação (mm), temperaturas máxima, média e mínima (°C), e umidade relativa do ar (%), foram obtidos diariamente no período de junho de 1999 a agosto de 2000, na Estação Climatológica do campus da Universidade Federal de Lavras, instalado a aproximadamente 600 metros de distância do experimento avaliado. Esses dados foram calculados em médias dos 14 dias que antecederam cada avaliação, para serem correlacionados com a incidência e severidade das doenças pelo método de PEARSON do SAS Institute (1993). Os resultados foram transformados em representações gráficas

para melhor visualização das condições climáticas durante o período experimental.

### 3.10 Colheita

A colheita foi realizada escalonadamente, conforme a carga das plantas dos diferentes tratamentos atingiam a maturação, havendo de 10 a 15% de frutos verdes nas plantas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Colheita

A partir dos resultados obtidos das épocas de colheitas em anos consecutivos, observou-se atraso na colheita com o aumento das lâminas de irrigação (Tabelas 4 e 5). Essa diferença se deve provavelmente aos freqüentes períodos de pequenos estresses hídricos seguidos de irrigação que os tratamentos irrigados receberam, refletindo em florescimento desuniforme das plantas. Devido aos diferentes estádios de desenvolvimento dos frutos na planta, a colheita foi realizada somente quando grande parte dos frutos atingiu o estágio de maturação adequado, atrasando o período.

Vários autores relatam que a irrigação permite o florescimento sincronizado e a colheita precoce da cultura quando manejada adequadamente (Crisosto et al., 1992; Drinnan & Menzel, 1994). Segundo Malavolta (1986), é importante haver um período de estresse hídrico moderado seguido de chuva pesada ou reirrigação, para o florescimento da cultura em sincronia. Isso provavelmente ocorre devido ao maior acúmulo de giberelina inativa em maior número de botões florais durante a fase de maturação, sendo liberado com o aumento do potencial hídrico nas plantas para o florescimento (Barros et al., 1978).

TABELA 4 - Datas da 1ª colheita dos tratamentos da cultura (lâminas x parcelamentos adubação), realizada no ano 1999.

Datas	Tratamentos (lâminas)														
	L03	L06	L09	L43	L46	L49	L33	L36	L39	L23	L26	L29	L13	L16	L19
13/05/99				X											
18/05/99	X		X		X			X							
26/05/99		X													
1/06/99						X				X					
9/06/99							X		X		X				
10/06/99													X	X	
17/06/99												X			X

TABELA 5- Datas da 2ª colheita dos tratamentos da cultura (lâminas x parcelamentos adubação), realizada no ano 2000.

Datas	Tratamentos (lâminas)														
	L03	L06	L09	L43	L46	L49	L33	L36	L39	L23	L26	L29	L13	L16	L19
9/06/00	X			X											
13/06/00							X								
16/06/00			X			X									
19/06/00								X							
22/06/00		X													
23/06/00					X						X				
26/06/00												X			
7/07/00								X							
12/07/00										X					
20/07/00													X		
21/07/00														X	
24/07/00															X

## 4.2 Ferrugem do cafeeiro

O efeito da irrigação e o da fertirrigação sobre a incidência e a severidade da ferrugem e enfolhamento em relação às condições climáticas observadas no local, estão apresentados nas Figuras 3 e 4. Não houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação e entre os parcelamentos de adubação avaliados pela área abaixo da curva de progresso da incidência da ferrugem, bem como na interação entre ambos (Tabela 1A). A água de irrigação aplicada por gotejamento, foi distribuída de forma localizada no solo, não ocorrendo molhamento foliar necessário para disseminação e penetração do patógeno. Semelhante resultado foi obtido por Talamini (1999) no mesmo experimento em ano anterior, não observando influência das lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação sobre a incidência da ferrugem. Em trabalho realizado por Juliatti et al. (2000a), o sistema de irrigação por gotejamento, aplicado na cultura cafeeira, também não favoreceu a disseminação da ferrugem, apresentando menores médias de área abaixo da curva de progresso da doença em relação aos outros sistemas de irrigação utilizados, como a mangueira plástica perfurada e o pivô central.

Durante a estação chuvosa, observou-se baixa incidência e severidade da doença, razão pela qual houve baixo enfolhamento da cultura, cerca de 32, 44, 54, 55 e 54%, respectivamente às lâminas de 0, 40, 60, 80 e 100% da ECA, no início da estação chuvosa. Observou-se no final desse período, um aumento na incidência da doença, atingindo maior intensidade nos meses de junho e julho de 2000.

Segundo vários autores, a ocorrência da ferrugem está relacionada com o período das chuvas (Nutman, 1960; Roberts, 1963 e Terrones, 1984). No entanto, Bock (1962) ressalta a importância do grau de enfolhamento das plantas e nível de inóculo do patógeno no início da estação chuvosa, para o aparecimento de surtos de ferrugem.

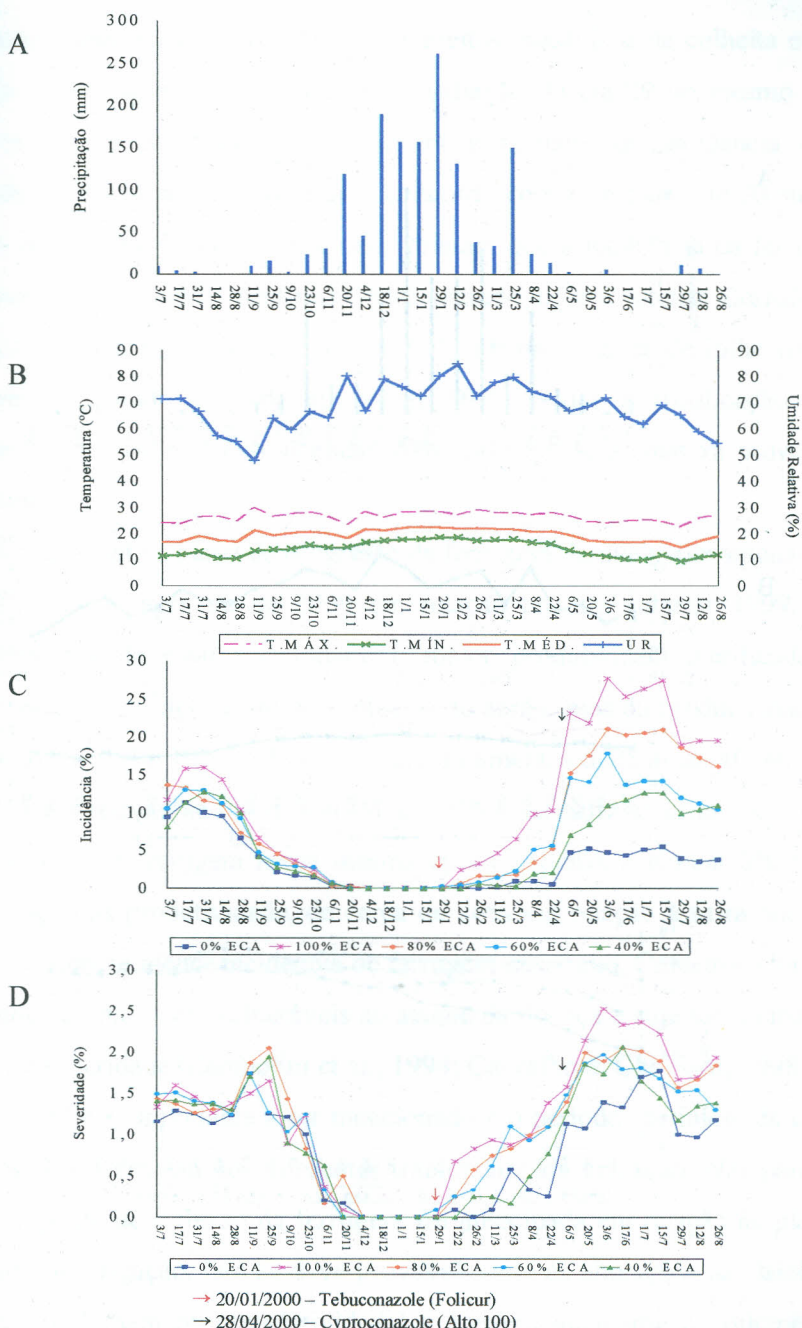
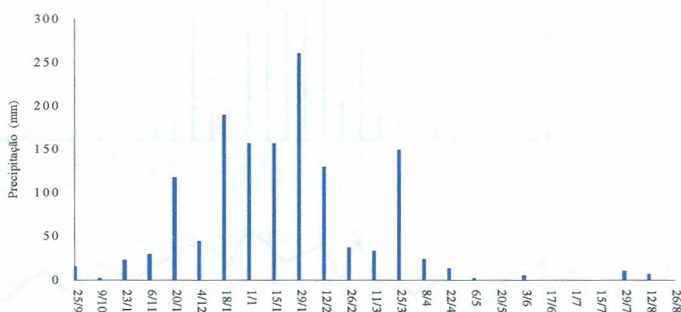
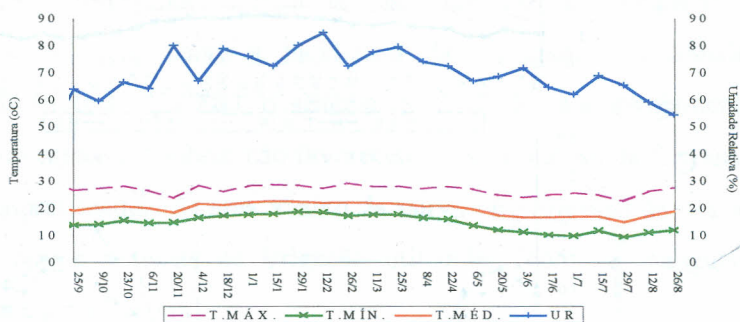


FIGURA 3. Condições climáticas (A, B) e curvas do progresso da incidência (C) e severidade (D) da ferrugem do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação no período de 3 de julho de 1999 a 26 de agosto de 2000 em Lavras-MG.

A



B



C

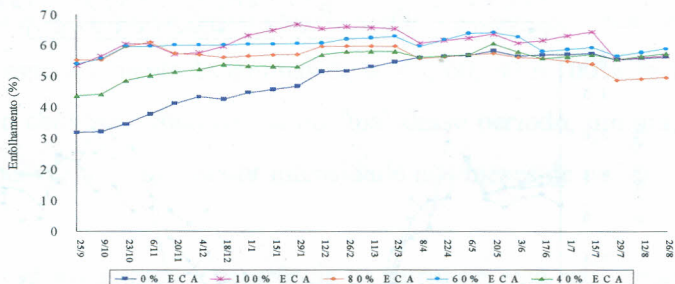


FIGURA 4. Condições climáticas (A, B) e curva do progresso do enfolhamento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação (C), no período de 25 de setembro de 1999 a 26 de agosto de 2000 em Lavras-MG.

A redução do enfolhamento no final do mês de julho/2000 em todos os tratamentos, ocorreu em consequência dos efeitos mecânicos da colheita e pela influência da ferrugem. Observando-se a avaliação do dia 29 do mesmo mês, percebe-se menor enfolhamento da cultura e também da incidência e da severidade da ferrugem. Esse resultado concorda com o trabalho de Alvarado-Alvarado & Castillo-Zapata (1996), onde relatam que a incidência da ferrugem está correlacionada com a desfolha, visto quando ocorre intensa desfolha, a incidência diminui. Carvalho & Souza (1998) afirmam haver desfolha natural dos cafeeiros, quando a queda atinge até 60%, devido a frutificação e às condições climáticas, podendo alcançar 90%, pela queda prematura provocada pela ferrugem.

Ainda quanto à curva de progresso da ferrugem, houve maior intensidade da doença no ano agrícola de 2000 em relação ao ano anterior 1999. Isto provavelmente pode estar relacionado à maior produtividade verificada no primeiro caso, visto Vilella (2001) ter observado acréscimos na produtividade de aproximadamente 9%, 19%, 26% e 24% nos tratamentos de lâminas 40, 60, 80 e 100% ECA em relação ao obtido por Alves (1999) na safra anterior, ocorrendo maiores índices de ferrugem nessa mesma época. Apenas a lâmina 0% ECA, obteve redução na produtividade, de cerca de 26% em relação à safra anterior, verificando também menor incidência de ferrugem nesse ano. Cafeeiros com alta carga pendente estão mais vulneráveis ao ataque da doença e sujeitos a uma alta incidência e severidade (Zambolim et al., 1994; Carvalho & Chalfoun, 1998).

Outro fator importante a ser mencionado é o período de início da curva de progresso da ferrugem nos diferentes tratamentos de irrigação. Nas parcelas irrigadas, o ponto de inflexão da ferrugem foi antecipada em relação às plantas desprovidas de irrigação. Isto se deve provavelmente às alterações na fisiologia das plantas (enfolhamento, produtividade) e conseqüentemente no microclima da cultura, favorecendo o progresso da ferrugem, sendo necessário adequar o

programa de controle de acordo com o sistema de cultivo, a fim de evitar gastos desnecessários e perdas de produtividade pela epidemia da doença.

Quanto aos fungicidas aplicados no experimento, não observou-se efeito no controle da ferrugem. O tebuconazole (Folicur), produto sistêmico do grupo dos triazóis, foi aplicado quando os índices da doença estiveram abaixo do indicado para o controle, não exercendo efeito quando os índices alcançaram 5%. Conforme as recomendações do produto, é necessário ser aplicado sempre quando o nível da doença atingir 5%. (Andrei, 1999). O cyproconazole, outro fungicida sistêmico do grupo dos triazóis também não mostrou-se eficiente no controle da ferrugem nos tratamentos de lâminas de irrigação de 100, 80, 60 e 40% ECA, visto quando foi aplicado, o índice de doença já se encontrava acima do recomendado para iniciar o controle. O tratamento 0% ECA, manteve baixo o nível da doença, provavelmente por ter sido protegido com o fungicida quando apresentava baixos índices de doença, de aproximadamente 3%.

Em relação à severidade da ferrugem e enfolhamento do cafeeiro, esses foram influenciados significativamente pelas diferentes lâminas de irrigação, não havendo diferença entre os parcelamentos de adubação e na interação entre ambos. A adubação, quando parcelada em 3, 6 ou 9 vezes em qualquer que tenha sido a lâmina de água aplicada, não afetou a suscetibilidade da planta à ferrugem. Isso se deve provavelmente à quantidade de adubo aplicada, ser a mesma em todos os parcelamentos, suprindo as necessidades nutricionais das plantas, independente de quantas vezes o adubo foi parcelado.

Os resultados obtidos pela análise de regressão aplicada sobre os diferentes tratamentos de irrigação, revelam uma tendência ao aumento do enfolhamento e da severidade da ferrugem com o aumento das lâminas de irrigação (Figuras 5 e 6).

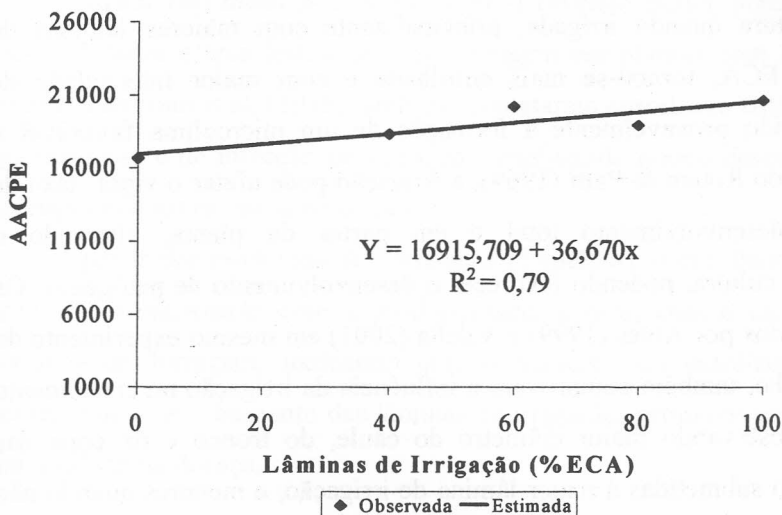


FIGURA 5. Equação de regressão para a área abaixo da curva do progresso do enfolhamento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função das diferentes lâminas de irrigação.

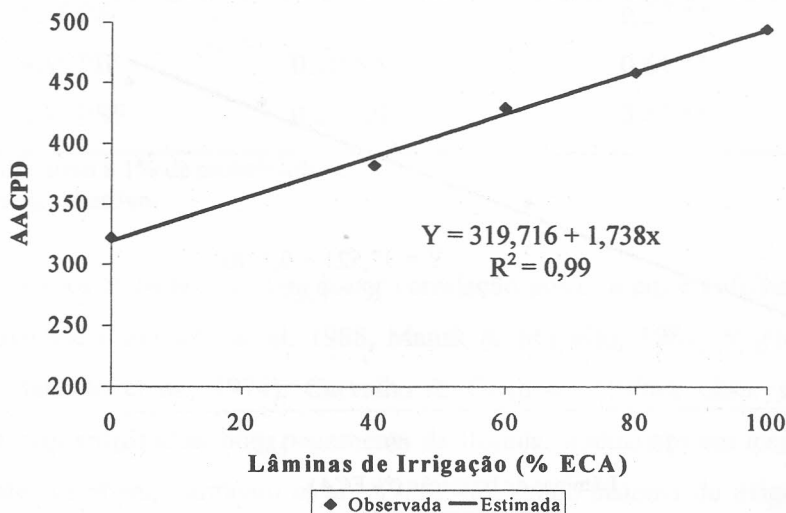


FIGURA 6. Equação de regressão para a área abaixo da curva do progresso da severidade da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) em função das diferentes lâminas de irrigação.

A cultura quando irrigada, principalmente com maiores lâminas de reposição da ECA, tornou-se mais enfolhada e com maior intensidade de ferrugem, devido provavelmente à formação de um microclima favorável à doença. Segundo Rotem & Palti (1969), a irrigação pode afetar o vigor, taxa de crescimento, desenvolvimento total e em partes da planta, alterando o microclima da cultura, podendo favorecer o desenvolvimento de patógenos. Os resultados obtidos por Alves (1999) e Vilella (2001) em mesmo experimento do presente trabalho, também comprovam a influência da irrigação no crescimento das plantas, observando maior diâmetro do caule, do tronco e da copa das plantas, quando submetidas à maior lâmina de irrigação, e menores quando não irrigadas.

Extrapolando os resultados apresentados nas Figuras 6 e 7, a produtividade também pode ter influenciado a intensidade da doença, visto aumentarem quanto maiores as lâminas de irrigação.

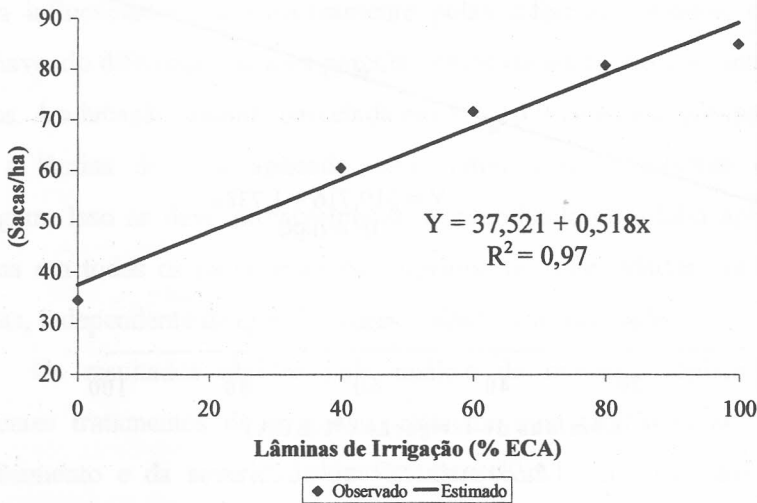


FIGURA 7. Equação de regressão para a produtividade do cafeeiro na safra 1999/2000 em função das diferentes lâminas de irrigação. (Fonte: Vilella, 2001)

Estudos realizados por Acuña (1985) revelam maior porcentagem de folhas infectadas e área lesionada com ferrugem em plantas com maior carga pendente. Chalfoun et al. (1978) também constataram correlação entre o nível de carga pendente e de infecção de ferrugem, verificando pouco desenvolvimento da doença em anos de baixa produção.

A partir dos resultados de correlação (Tabela 8), o enfolhamento esteve altamente correlacionado com a produtividade, e essa, com a incidência e a severidade da ferrugem, indicando que, o aumento do enfolhamento e da produtividade com o aumento das lâminas de irrigação, promoveram o aumento da intensidade da doença.

TABELA 8. Teste de correlação entre a área abaixo da curva do progresso do enfolhamento (AACPE), da incidência e severidade da ferrugem (AACPI e AACPSF), com a área abaixo da curva de progresso do enfolhamento e produtividade (PROD.).

	AACPE	PROD.
AACPE	-	0,37 **
AACPIF	0,10 NS	0,61 **
AACPSF	0,21 NS	0,42 **

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

NS Não significativo

Vários trabalhos relatam haver correlação positiva entre enfolhamento e produtividade (Santinato et al. 1988; Mansk & Matiello, 1984; Miguel et al., 1977; Mariotto et al., 1974). Carvalho & Chalfoun (1998), observaram em plantas bem enfolhadas, bom pegamento da florada, traduzindo em maior carga pendente. Também, Santinato et al. (1988), utilizando sistema de irrigação por tripa plástica em solo LVE-Cerrado na região de Paracatu-MG, obteve boa resposta do cafeeiro quanto ao enfolhamento, floração e pegamento da florada. No entanto, estudos realizados por Acuña (1985), revelam que plantas com

maior carga pendente apresentaram maior porcentagem de folhas com ferrugem, área infectada e maior proporção de quedas de folhas. Chalfoun & Carvalho (1987), obtiveram maiores índices de infecção em plantas em produção (cerca de 42,5%) quando comparado a plantas sem carga pendente (4,2%). De modo que verificaram menor concentração de compostos fenólicos de ação fungitóxica em cafeeiros de alta carga pendente, tornando-os (Eskes & Souza, 1981) mais suscetíveis ao patógeno.

Quanto aos parcelamentos, maior produtividade do cafeeiro foi obtida quando as plantas submetidas à máxima lâmina de irrigação foram fertirrigadas em 3 vezes. As plantas irrigadas com a máxima lâmina de reposição (100% ECA), apresentaram maior desenvolvimento vegetativo em relação às demais (Vilella, 2001), necessitando de maiores quantidades de nutrientes no solo disponíveis às plantas para garantir a maior produtividade. Além disso, as datas de realização das fertirrigações, coincidiram com períodos chuvosos, podendo ter favorecido a percolação dos nutrientes, principalmente quando foram fornecidos em menores quantidades e em maior frequência, visto serem elementos solúveis em água.

É importante salientar as datas quando cada lâmina atingiu o máximo de enfolhamento dentro do período ideal para o crescimento vegetativo (época das águas) a fim de verificar o efeito da irrigação na fisiologia das plantas. O tratamento de máxima lâmina de irrigação (100% ECA) alcançou maior grau de enfolhamento, cerca de 68% na 2ª quinzena de janeiro, enquanto nessa mesma data, os tratamentos 80, 60, 40 e 0% da ECA atingiram respectivamente, 58, 61, 52 e 48% de enfolhamento. Também, a lâmina de 80% ECA obteve maior grau de enfolhamento (61%) em novembro, a lâmina 60% ECA com 61% em maio, a lâmina 40% ECA com 60% na 2ª quinzena de maio e a lâmina 0% ECA com 58% de enfolhamento nessa mesma data. A partir dessas observações, além da irrigação promover um aumento no enfolhamento da cultura, pela aplicação de

maiores lâminas de irrigação, permitiu que o máximo grau de enfolhamento alcançado coincida com a época ideal para o crescimento vegetativo, longe da fase de enchimento de grãos e produção como ocorreu em tratamentos não irrigados. Isto significa que, enquanto a cultura irrigada está bem enfolhada durante a formação dos frutos, a cultura em sequeiro estará se desenvolvendo vegetativamente juntamente com a formação da carga pendente, podendo haver competição por água e nutrientes, refletindo na produtividade.

Houve correlação negativa entre a incidência e a severidade da ferrugem com todas as variáveis climáticas. A intensidade da doença aumentou quando a precipitação, umidade relativa e temperatura já tinham diminuído (Tabelas 9 e 10).

Mesmo sob condições climáticas favoráveis ao patógeno, a intensidade da doença pode ser baixa se a condição do hospedeiro e/ou do inóculo residual não forem suficientes para o seu desenvolvimento. Durante a época das águas, quando a temperatura e a precipitação se elevaram, a lavoura estava em fase de renovação, pelo surgimento de folhas novas, diminuindo o inóculo residual pela queda de folhas velhas doentes. Quando esses fatores climáticos começaram a favorecer o progresso da doença, não houve inóculo e folhas suscetíveis suficientes para promover o aumento da enfermidade. Conforme Souza (1980), a incidência e a severidade da ferrugem aumentaram seis meses após o início das chuvas, devido ao baixo enfolhamento durante o período das águas. Segundo os autores Bock (1962) e Terrones (1984), baixo enfolhamento ou folhas jovens durante a estação chuvosa, proporcionam baixo potencial de inóculo, dificultando o progresso da doença nessa época.

TABELA 9. Teste de correlação entre as condições climáticas de temperaturas máxima, média e mínima, precipitação e umidade relativa do ar com a incidência da ferrugem do cafeeiro em diferentes lâminas de irrigação.

Lâminas % (ECA)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura média (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitação (mm)	Umidade Relativa (%)
0% ECA	-0,54**	-0,72**	-0,75**	-0,57**	-0,43*
40% ECA	-0,61**	-0,85**	-0,90**	-0,65**	-0,53**
60% ECA	-0,62**	-0,83**	-0,85**	-0,66**	-0,41*
80% ECA	-0,63**	-0,84**	-0,86**	-0,62**	-0,41*
100% ECA	-0,56**	-0,77**	-0,79**	-0,62**	-0,36*

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

\* Significativo a 5% de probabilidade

TABELA 10. Teste de correlação entre as condições climáticas de temperaturas máxima, média e mínima, precipitação e umidade relativa do ar com a severidade da ferrugem do cafeeiro em diferentes lâminas de irrigação.

Lâminas % (ECA)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura média (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitação (mm)	Umidade Relativa (%)
0% ECA	-0,42*	-0,72**	-0,83**	-0,69**	-0,67**
40% ECA	-0,46**	-0,76**	-0,87**	-0,76**	-0,67**
60% ECA	-0,44*	-0,73**	-0,81**	-0,75**	-0,56**
80% ECA	-0,44*	-0,73**	-0,82**	-0,76**	-0,60**
100% ECA	-0,46**	-0,73**	-0,79**	-0,75**	-0,48**

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

\* Significativo a 5% de probabilidade

### 4.3 Cercosporiose do cafeeiro

O efeito da irrigação e o da fertirrigação sobre a incidência e a severidade da cercosporiose estão apresentados nas Figuras 8 e 9. As diferentes lâminas de irrigação utilizadas no experimento tiveram influência significativa sobre a incidência e a severidade da cercosporiose nas folhas do cafeeiro (Tabela 1A). A partir das análises de regressão, obteve-se as equações lineares apresentadas nas Figuras 10 e 11.

A incidência e a severidade da cercosporiose nas folhas do cafeeiro, tenderam a diminuir com o aumento das lâminas de irrigação, ou seja, menores lâminas ou até a ausência da irrigação (lâmina 0% ECA) proporcionaram maior intensidade da doença. Sob condições de baixa umidade do solo, os nutrientes tornaram-se pouco disponíveis às plantas, dificultando sua absorção, podendo ter favorecido a suscetibilidade ao patógeno. Segundo Gopal (1974), o sistema radicular, em especial as raízes absorventes, podem ser prejudicadas sob condições de déficit hídrico, podendo dificultar a assimilação de água e nutrientes.

Semelhante resultado foi obtido por Talamini (1999) no mesmo experimento em ano anterior, observando maior intensidade da doença quanto menor a lâmina de irrigação aplicada. Segundo vários outros autores, condições de déficit hídrico prolongado e adubação insuficiente ou desequilibrada (Fernández-Borrero et al., 1966; Miguel et al., 1988) favoreceram o progresso da doença. O baixo enfolhamento das plantas também pode ter contribuído para maior exposição solar direta, pois segundo López-Duque & Fernández-Borrero (1969a), favorecem o progresso da doença.

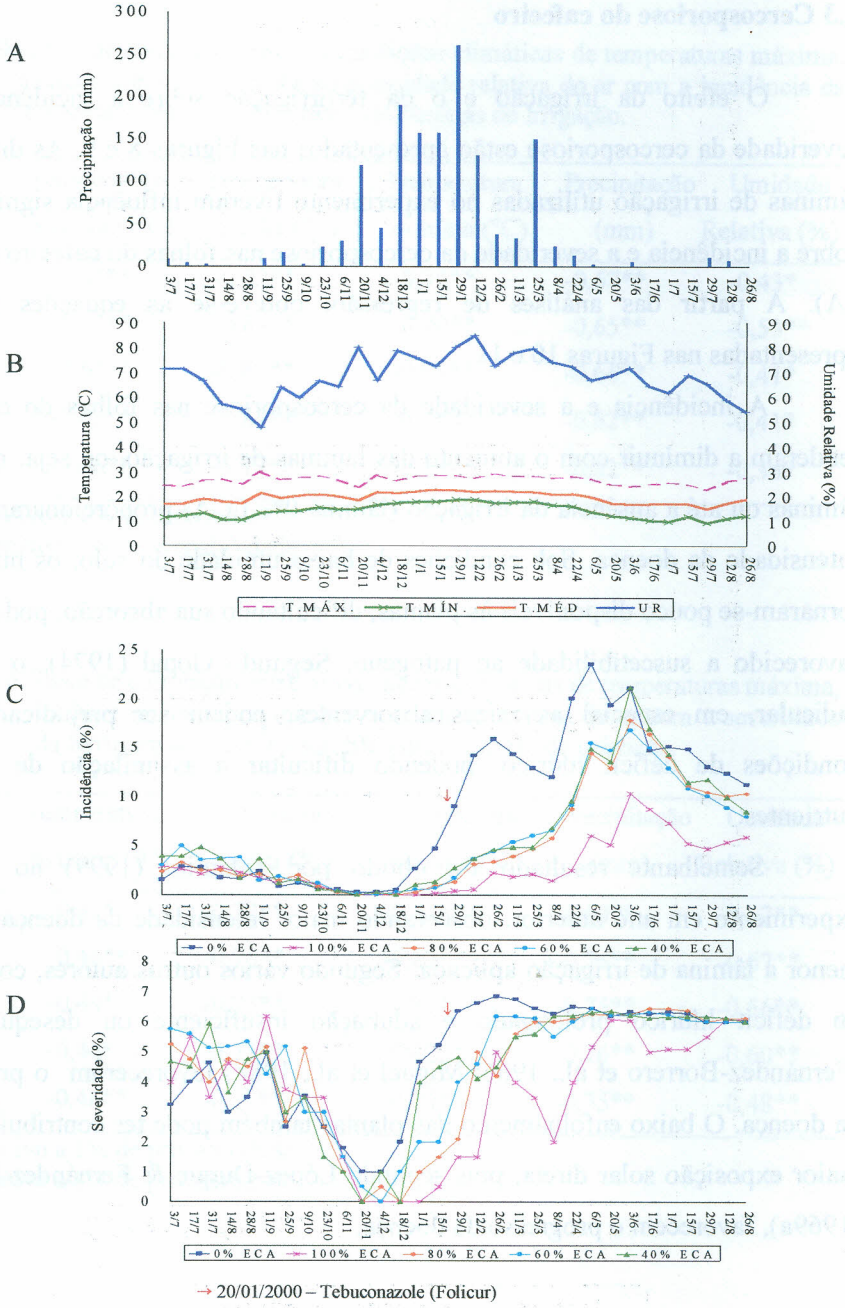


FIGURA 8. Condições climáticas (A, B) e curvas do progresso da incidência (C) e severidade (D) da cercosporiose do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação durante o período de 3 de julho de 1999 a 26 de agosto de 2000 em Lavras-MG.

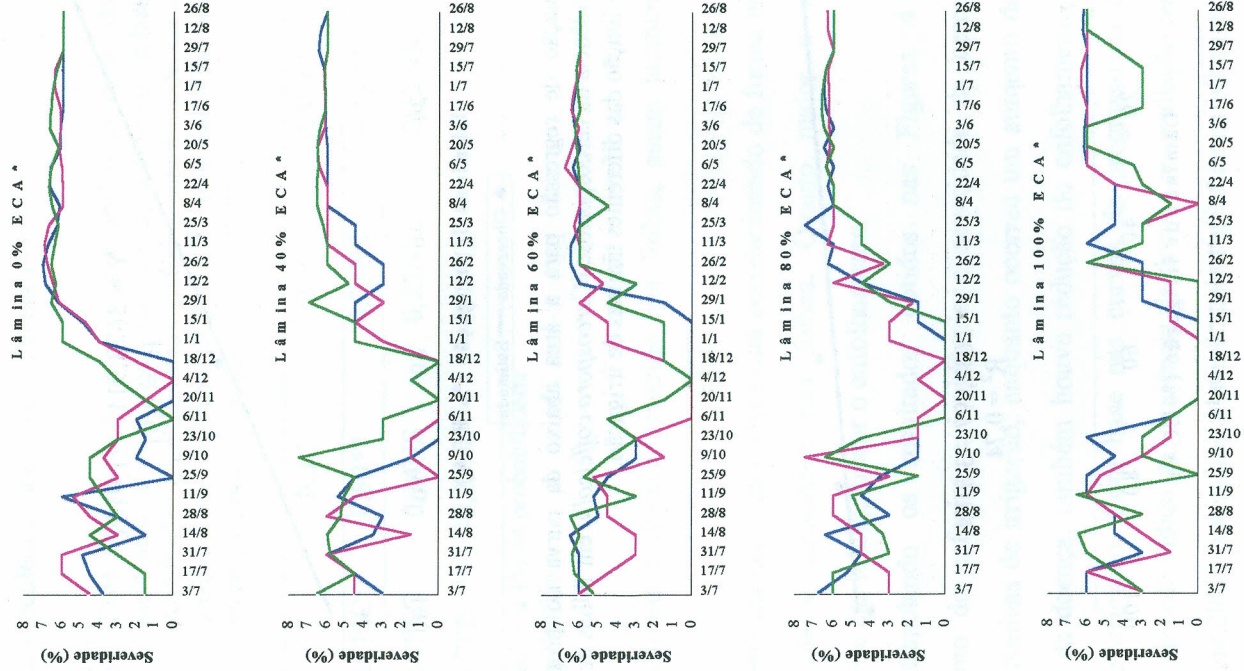


FIGURA 9. Curvas de progresso da severidade da cercosporiose do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação.

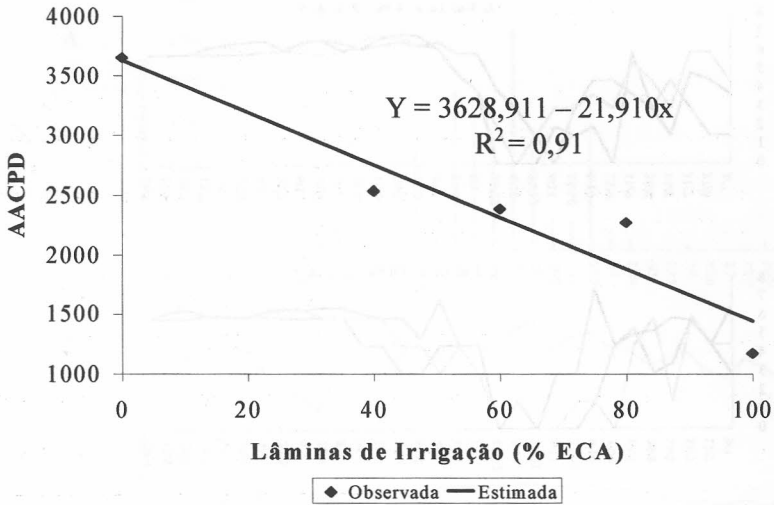


FIGURA 10. Equação de regressão para a área abaixo da curva do progresso da incidência da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em folhas de cafeeiro, em função das diferentes lâminas de irrigação.

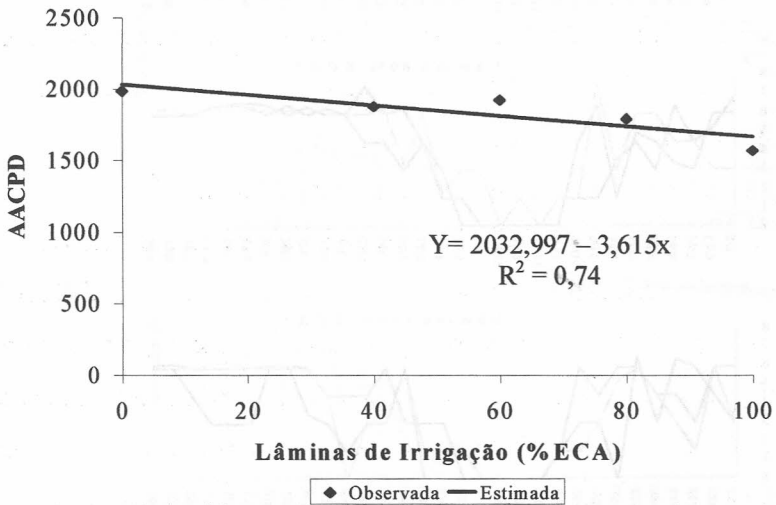


FIGURA 11. Equação de regressão para a área abaixo da curva do progresso da severidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em folhas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função das diferentes lâminas de irrigação.

Observou-se alta correlação positiva entre a incidência da cercosporiose nas folhas e a incidência nos frutos (Tabela 11).

TABELA 11. Teste de correlação entre a área abaixo da curva do progresso da incidência e severidade da cercosporiose nas folhas (AACPIC e AACPSC) e enfolhamento (AACPE), com a incidência e severidade da cercosporiose nos frutos (ICF e SCF), área abaixo da curva de progresso do enfolhamento e produtividade (PROD.).

	ICF	SCF	AACPE	PROD.
AACPIC	0,50**	0,25NS	-0,40 **	0,06 NS
AACPSC	0,14NS	0,23NS	-0,22 NS	-0,07 NS
AACPE	-0,23NS	0,01NS	-	0,37 **

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

NS Não significativo

Conforme a doença progride nas folhas, assim também ocorre nos frutos.

O enfolhamento da cultura está correlacionado de forma negativa com a incidência da cercosporiose nas folhas. Quanto maior a incidência da cercosporiose nas folhas, menor o enfolhamento.

Extrapolando os resultados obtidos nas Figuras 4 e 8, entre enfolhamento do cafeeiro e incidência e severidade da cercosporiose sob diferentes lâminas de irrigação, enquanto ocorreu um aumento da incidência e severidade da doença, também houve redução do enfolhamento, em menores lâminas de irrigação. Com base nas curvas de progresso da cercosporiose, observa-se elevado índice de incidência da doença na avaliação realizada no dia 3 de junho de 2000, coincidindo com o menor grau de enfolhamento ocasionado na mesma data.

Valência (1970), buscando respostas fisiológicas e vegetativas, verificou em plantas infectadas pelo patógeno, produção de etileno acima do normal,

provocando queda precoce das folhas. Segundo o mesmo autor, folhas jovens são mais sensíveis à ação do etileno.

A correlação positiva entre enfolhamento e produtividade indica que a medida que ocorre maior enfolhamento da cultura, há uma elevada produtividade. Em relação à cercosporiose, elevada incidência nas folhas, devido a diminuição das lâminas de irrigação, promoveu redução do enfolhamento e produtividade (Tabela 11). Segundo Carvalho & Chalfoun (1998), em cafeeiros desfolhados ocorre baixo vingamento da florada, queda e chochamento dos frutos, causando a redução da produção e conseqüente morte de ramos e deformação de plantas se houver elevada incidência da cercosporiose em anos consecutivos.

O período de maior incidência da doença, segundo os resultados observados na Figura 8, ocorreu nos meses de maio e junho, atingindo respectivamente um máximo de 24, 22, 15, 18 e 10%, às parcelas irrigadas com as lâminas 0, 40, 60, 80 e 100% da ECA. Em ano anterior, Talamini (1999), observando o comportamento dessas mesmas lâminas na intensidade da doença, verificou maior incidência nos meses de maio a julho. A partir desses resultados, observou-se a maior necessidade de acompanhamento da doença em lavouras não irrigadas, principalmente em épocas favoráveis à disseminação da doença, a fim de evitar a ocorrência de epidemias, responsáveis por grandes perdas de produção e qualidade.

Quanto ao fungicida tebuconazole aplicado no experimento, não mostrou-se eficiente no controle da cercosporiose (Andrei, 1999).

As lâminas de irrigação também influenciaram a incidência e a severidade da cercosporiose nos frutos do cafeeiro, pois quanto menor a lâmina de irrigação aplicada à cultura, maior foi a intensidade da doença (Figuras 12 e 13).

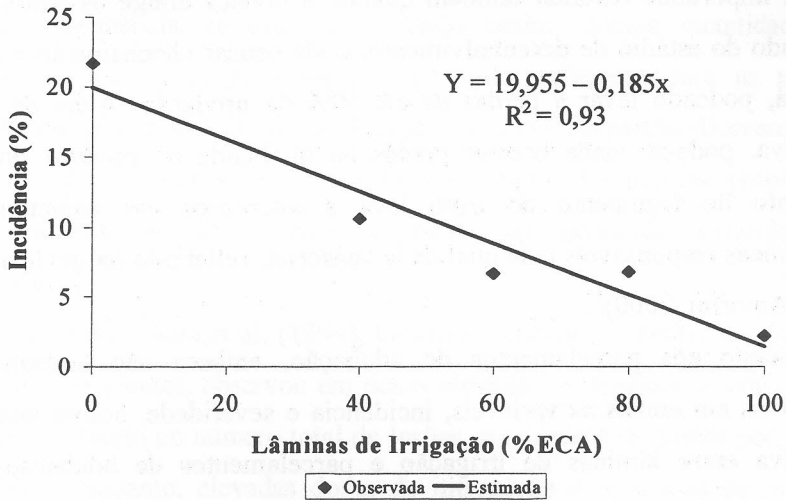


FIGURA 12. Equação de regressão para a incidência da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função das diferentes lâminas de irrigação.

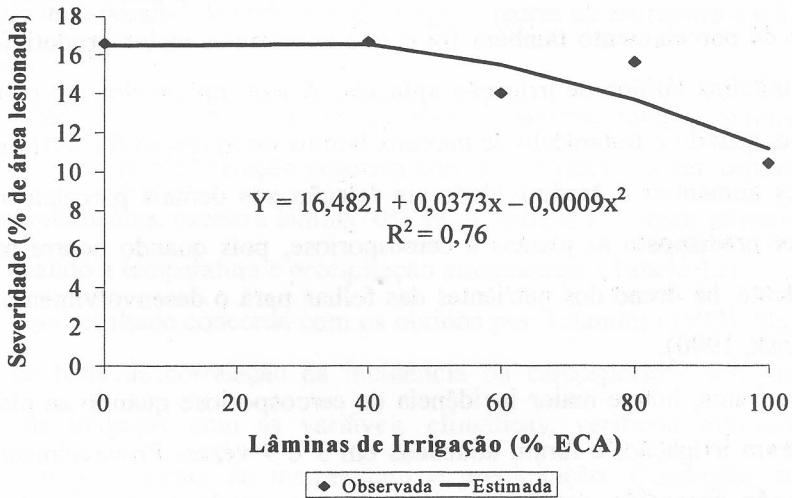


FIGURA 13. Equação de regressão para a severidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função das diferentes lâminas de irrigação.

É importante ressaltar também quando a doença atinge os frutos, pois dependendo do estágio de desenvolvimento, pode causar chochamento e queda prematura, podendo levar a perdas de até 30% da produção. Além da perda quantitativa, pode-se ainda ocorrer perdas na qualidade do produto final. O rompimento do tegumento do fruto leva a alterações nas características organolépticas responsáveis pela qualidade sensorial, refletindo na qualidade do produto (Amorim, 2000)<sup>1</sup>.

Quanto aos parcelamentos de adubação, embora não tenham sido significativos em ambas as variáveis, incidência e severidade, houve interação significativa entre lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação para severidade da cercosporiose nas folhas e para incidência da cercosporiose nos frutos do cafeeiro (Tabelas 1B e 2B). Somente na lâmina 100% ECA houve diferença significativa entre os três parcelamentos, havendo maior severidade da cercosporiose nas folhas, quando o adubo foi dividido em apenas 3 vezes. Esse tratamento de parcelamento também foi o que apresentou maior produtividade dentro da máxima lâmina de irrigação aplicada. A isto, provavelmente pode-se atribuir que, quando o tratamento de máxima lâmina de irrigação foi fertirrigado em 3 vezes aumentou a produtividade em relação aos demais parcelamentos, podendo ter predisposto as plantas à cercosporiose, pois quando ocorre maior carga pendente, há dreno dos nutrientes das folhas para o desenvolvimento dos frutos (Mansk, 1990).

Nos frutos, houve maior incidência da cercosporiose quando as plantas não receberam irrigação, e foram adubadas em 3 e 9 vezes. Provavelmente, o adubo quando fornecido em 3 parcelamentos no modo convencional, não tornou-se facilmente disponível às plantas como nos tratamentos adubados via água de irrigação, visto depender das condições de precipitação para ser absorvido, provocando maior intensidade da cercosporiose.

<sup>1</sup> AMORIM, H. Qualidade do café: o que é fundamental? (UFLA-Lavras-MG) Palestra proferida na UFLA, Lavras-MG, no dia 25 de agosto de 2000.

O adubo aplicado em 9 vezes foi fornecido em menores quantidades e em maior frequência de aplicação. Sendo assim, baixas quantidades de nutrientes a cada aplicação pode não ter sido suficiente para as plantas, refletindo em maior incidência da doença. Segundo Fernández-Borrero et al. (1966), maiores quantidades de fertilizantes aplicados nas plantas, propiciaram menor porcentagem de infecção e perda da produção causada pela cercosporiose.

Alexandre-Pozza et al. (1999), também estudando o efeito das dosagens de nutrientes às plantas, observou em doses elevadas de potássio e reduzidas de nitrogênio, aumento no número total de lesões, no número de lesões por folha e na desfolha, enquanto, elevadas doses de nitrogênio e reduzidas de potássio, houve tendência de redução na porcentagem da área lesionada pela cercosporiose. Esse fato, segundo a mesma autora, ocorreu devido a redução nos teores foliares de cálcio e cobre, com a elevação das doses de potássio, indicando uma possibilidade de relação entre os teores de nutrientes e o aumento da doença.

Condições climáticas de temperaturas máxima, média, mínima e de precipitação, tiveram correlação negativa com a incidência da cercosporiose em todos os tratamentos, exceto a lâmina 0% ECA, indicando menor intensidade da doença quando a temperatura e precipitação aumentaram (Tabela 12).

Esse resultado concorda com os obtidos por Talamini (1999). Segundo a autora, no teste de correlação da incidência da cercosporiose sob diferentes lâminas de irrigação com as variáveis climáticas, verificou diminuição da doença com o aumento da temperatura e precipitação. Condições de baixa precipitação e temperaturas amenas tem sido mencionado como ideal para o progresso da doença (Godoy et al., 1997).

Na análise de correlação entre a severidade da cercosporiose e as variáveis climáticas, houve correlação negativa entre a temperatura média,

mínima e precipitação somente nos tratamentos de lâminas 60, 80 e 100% da ECA; e temperatura mínima e precipitação nos tratamentos de 40% da ECA; e umidade relativa a 100% da ECA. Entre os demais tratamentos e as variáveis climáticas, não houve diferença significativa (Tabela 13).

TABELA 12. Teste de correlação entre as condições climáticas de temperaturas máxima, média e mínima, precipitação e umidade relativa do ar com a incidência da cercosporiose dos cafeeiros submetidos a diferentes lâminas de irrigação.

Lâminas % (ECA)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura média (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitação (mm)	Umidade Relativa (%)
0% ECA	-0,08NS	-0,13NS	-0,09NS	-0,18 NS	0,18NS
40% ECA	-0,41*	-0,55**	-0,54**	-0,44*	-0,13NS
60% ECA	-0,43*	-0,55**	-0,53**	-0,46**	-0,11NS
80% ECA	-0,40*	-0,55**	-0,55**	-0,45*	-0,17NS
100% ECA	-0,47**	-0,67**	-0,70**	-0,54**	-0,32NS

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

\* Significativo a 5% de probabilidade

NS Não significativo

TABELA 13. Teste de correlação entre as condições climáticas de temperaturas máxima, média e mínima, precipitação e umidade relativa do ar com a severidade da cercosporiose dos cafeeiros submetidos a diferentes lâminas de irrigação.

Lâminas % (ECA)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura média (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitação (mm)	Umidade Relativa (%)
0% ECA	0,09NS	0,01NS	-0,01NS	-0,05NS	0,13NS
40% ECA	-0,11NS	-0,31NS	-0,36*	-0,36*	-0,17NS
60% ECA	-0,23NS	-0,44*	-0,47**	-0,50**	-0,18NS
80% ECA	-0,22NS	-0,46**	-0,51**	-0,59**	-0,29NS
100% ECA	-0,27NS	-0,59**	-0,70**	-0,72**	-0,56**

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

\* Significativo a 5% de probabilidade

NS Não significativo

## 5 CONCLUSÕES

A irrigação promoveu alterações nos pontos de inflexão da curva de progresso da ferrugem antecipando o início da evolução da mesma.

Maiores lâminas de irrigação proporcionaram maior enfolhamento, maior produtividade e, conseqüentemente, maior severidade da ferrugem.

Menores lâminas de irrigação proporcionaram maior incidência e severidade da cercosporiose nas folhas e frutos, menor enfolhamento e menor produtividade.

A irrigação afetou a época de maturação dos frutos.

O período de maior incidência da ferrugem ocorreu no mês de julho de 1999 e nos meses de junho e julho de 2000.

O máximo de incidência da cercosporiose nas folhas do cafeeiro ocorreu no mês de julho de 1999 e nos meses de maio e junho de 2000.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUÑA, R.S. **Fatores que influenciam o progresso da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.)**. 1985. 91p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- AGRIANUAL 2002. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2001. 542p.
- ALEXANDRE-POZZA, A.A. **Influência da nutrição nitrogenada e potássica na intensidade da mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola*) em mudas de cafeeiro**. 1999. 70p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ALEXANDRE-POZZA, A.A.; GUIMARÃES, P.T.G.; POZZA, E.A.; CARVALHO, V.L. de. **Controle da cercosporiose do cafeeiro em viveiro de mudas**. Lavras: EPAMIG, 1999. (EPAMIG. Circular Técnica, n.100).
- ALVARADO-ALVARADO, G.; CASTILLO-ZAPATA, J. Progreso de la roya del cafeto sobre genotipos resistentes y susceptibles a *Hemileia vastatrix*. **Cenicafé**, Caldas, Colômbia, v.47, n.1, p.42-52, 1996.
- ALVES, M.E.B. **Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação**. 1999. 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola**. São Paulo: Organização Andrei, 1999. 672p.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, 1996. v.56.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ. Rio de Janeiro: Coffee Business, 2001. 161p.
- BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; COONS, M.P. The physiology of flowering in coffee: a review. **Journal of Coffee Research**, Karnataka, v.8, n.2-3, p.29-73, 1978.
- BOCK, R. Seasonal peridodicity leaf rust and factor the severity of outbreaks in Kenya colony. **Transactions British Mycological Society**, London, v.45, n.3, p.289-300, 1962.

BRASIL 500 anos. **Café e Cultura. A Revista dos Cafés do Brasil.** Belo Horizonte, v.1, n.2, p.15-25, mar. 2000.

BROWNING, G.; FISHER, N.M. Shoot growth in *Coffea arabica* L., II. Growth flushing stimulated by irrigation. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.40, n.476/477, p.355-365, 1975.

CADENA-GÓMEZ, G. Uso de la pulpa de cafe para el control de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk y Cooke) en almacigos. **Cenicafé**, Caldas, Colômbia, v.33, n.3, p.76-90, 1982.

CARVALHO, V.L. de; SOUZA, S.M.C. de. **Ferrugem: doença mais importante do cafeeiro.** Lavras: EPAMIG, 1998. (EPAMIG. Circular Técnica, n.87).

CARVALHO, V.L. de; CHALFOUN, S.M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.193, p.27-35, 1998.

CHALFOUN, S.M. **Doenças do cafeeiro: importância, identificação e métodos de controle.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 93p.

CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.L. de. **Controle da ferrugem: a importância da época de execução.**, Lavras: EPAMIG, 1999. (EPAMIG. Circular Técnica, n.104).

CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.L. de. Efeito de produção e da composição química de folhas de cafeeiros sobre a intensidade de ataque da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. e Br.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 14, Campinas, 1987, **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro, IBC, 1987. p.121.

CHALFOUN, S.M.; SILVA, C.M.; PEREIRA, A.A.; PAIVA, F.A. Relação entre diferentes níveis de infecção de ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) e produção dos cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em algumas localidades de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 1978. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1978. p.392-394.

CHALFOUN, S.M.; ZAMBOLIM, L. Ferrugem do cafeeiro. **Informe Agropecuário.** Belo Horizonte, v.11, n.126, p.42-46, 1985.

CRISOSTO, C.H.; GRANTZ, D.A.; MEINZER, F.C. Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.). **Tree Physiology**, Victoria, v.10, n.2, p.127-139, 1992.

DA MATTA, F.M.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Photosynthetic performance of two coffee species under growth. *Photosynthetica*, The Hague, v.34, n.2, p.257-264, 1997.

DRINNAN, J.E.; MENZEL, C.M. Synchronization of anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) following water stress during floral initiation. *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v.69, n.5, p.841-849, 1994.

ECHANDI, E. La chasparria de los cafetos causada por el hongo *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke. *Turrialba*, Costa Rica, v.9, n.2, p.54-67, 1959.

ESKES, B.A; SOUZA, Z.E. Ataque da ferrugem em ramas com e sem produção, de plantas do cultivar Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 9, São Lourenço, 1981, *Trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro. IBC-GERCA, 1981. p.186.

FAO – Yearbook production. Roma, 1996, v.50, 172p.

FERNANDES, C.D. Efeito de fatores do ambiente e da concentração de inóculo sobre a cercosporiose do cafeeiro. 1988. 73p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERNÁNDEZ-BORRERO, O.; LOPEZ-DUQUE, S. Fertilizacion de plantulas de café e su relacion com la incidencia de la de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke). *Cenicafé*, Caldas, Colômbia, v.22, n.4, p.95-108, out. 1971.

FERNÁNDEZ-BORRERO, O.; MESTRE, A.M.; DUQUE, S.L. Efecto de la fertilizacion en la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en frutos de cafe. *Cenicafé*, Caldas, Colômbia, v.17, n.1, p.5-16, 1966.

GATHAARA, M.P.H.; KIARA, J.M. Effects of irrigation rates and frequency on the growth and yield of Arabic coffee. *Kenya Coffee*, Nairobi, v.53, n.618, p.309-312, 1988.

GERVÁSIO, E.S.; LIMA, L.A. Efeito de diferentes lâminas de água no desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em fase inicial de formação da lavoura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.2, n.1, p.68-74, 1998.

GODOY, C.V., BERGAMIN FILHO, A.; SALGADO, C.L. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: KIMATI, H. *Manual de Fitopatologia: Doenças de plantas e seu controle*. 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.2, p.184-200, 1997.

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, Aug, 1974.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A.N.G. *Cafeicultura Empresarial: Produtividade e Qualidade*. Plantio e Formação da Lavoura Cafeeira. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 42p.

ITEM. *Cafeicultura Irrigada*, Brasília: ABID, n.48, set.2000. 89p.

JARAMILLO-ROBLEDO A.; OTTO-LARSEN, L.; ARCILA-PULGARÍN, J. Un modelo para evaluar la influencia del clima en la producción de café. *Cenicafé*, Caldas, Colômbia, v.43, n.1, p.22-26, 1992.

JULIATTI, F.C.; MOREIRA, J.C.; MENDONÇA, F.C.; SANTOS, C.M. dos. Incidência e severidade da ferrugem em lavoura cafeeira conduzida sob diferentes sistemas de irrigação e lâminas d' água. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, Poços de Caldas, 2000. *Resumos expandidos...* Brasília: EMBRAPA CAFÉ/MINASPLAN, 2000a. p.211-214.

JULIATTI, F.C.; PEIXOTO, A.S.; SANTOS, C.M. dos; TEODORO, R.E.F. Incidência e severidade da *Cercospora* sp. em café irrigado de Araguari-MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, Poços de Caldas, 2000. *Resumos expandidos...* Brasília: EMBRAPA CAFÉ/MINASPLAN, 2000b. p.223-225.

KOBAYASHI, K.D.; NAGAO, M.A. Irrigation effects on vegetative growth of coffee. *HortScience*, Alexandria, v.21, n.3, p.533, 1986.

KUSHALAPPA, A.C.; CHAVES, G.M. An analysis of the development of coffee rust in the field. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.5, n.1, p.95-103, 1980.

LEGUIZAMÓN-CAYCEDO, J.; OROZCO-GALLEGO, L.; GÓMEZ-GÓMEZ, L. Períodos de incubación (PI) y de latencia (PL) de la roya del café en la zona cafetera central de Colombia. *Cenicafé*, Caldas, Colômbia, v.49, n.4, p.325-339, 1998.

LOAISIGA, G.H.; GUTIERREZ, G.Y.; MONTERROSO, S.D. Epidemiologia y producción del patosistema *Coffea - Hemileia*. *Manejo Integrado de Plagas*, n.41, p.1-7. 1996.

LÓPEZ-DUQUE, S.; FERNÁNDEZ-BORRERO, O. Epidemiologia de la mancha de hierro del café (*Cercospora coffeicola* Berk. y Cook.). *Cenicafé*, Caldas, Colômbia, p.3-19, 1969a.

LÓPEZ-DUQUE, S.; FERNÁNDEZ-BORRERO, O. Evaluacion de fungicidas para el combate de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en plantulas de cafe. **Cenicafé**, Caldas, Colômbia, p.68-76, 1969b.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). **Cultura do Cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1986. p.303-322.

MANSK, Z. Doenças do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 1990,16, Espírito Santo do Pinhal. **Anais ....** Rio de Janeiro, MARA, 1990. p.61-77,

MANSK, Z.; MATIELLO, J.B. Efeito da produção, nível de desfolha e inóculo residual sobre a evolução da ferrugem do cafeeiro no Estado do Espírito Santo, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 1984, 11, Londrina. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC- GERCA, 1984. p.128-130.

MARIMUTHU, R. Irrigation scheduling for better flowering and fruit setting in Robusta coffee. **Journal of Plantation Crops, Kerala**, v.24, n.1, p.50-53, 1996.

MARIOTTO, P.R.; GERALDO Jr., C.; SILVEIRA, A.P.; ARRUDA, H.V.; FIGUEIREDO, P.; BRAGA, J.B.R. Efeito da produção sobre a incidência da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2, Poços de Caldas, 1974. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC- GERCA, 1974. p.144-145.

MATIELLO, J.B.; MANSK, Z. Estudo de esquemas de controle à ferrugem do cafeeiro em lavouras com alta, média e baixa produção, no Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11, Londrina, 1984. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1984. p.107-108.

MATIELLO, J.B.; PAULINO, A.J.; MARTINS, A.G. Viveiros de café com micro-aspersão. **Cafeicultura Moderna**, Rio de Janeiro, v.1, n.3, p.30-31, set./out. 1988.

MIGUEL, A.E.; FRANCO, C.M.; MATIELLO, J.B.; NETO, K.A. Influência do "deficit" hídrico em diferentes épocas após a floração, no desenvolvimento de frutos de café. **Cafeicultura Moderna**, Rio de Janeiro-RJ, n.1, p.17-18, 1988.

MIGUEL, A.E.; MANSK, Z.; MATIELLO, J.B.; ALMEIDA, S.R. Efeito de fungicidas no controle de *Cercospora coffeicola* em frutos de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

PESQUISAS CAFEEIRAS, 3, Curitiba, 1975. Resumos... Rio de Janeiro: IBC - GERCA, 1975. p.58-61.

MIGUEL, A.E.; MATIELLO, J.B.; MANSK, Z.; ALMEIDA, S.R. Observações sobre os efeitos de três níveis de produção na incidência e controle da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 6, 1977, Guarapari. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1977. p.220-222.

MIR-AZIZUDDIN; RAO, W.K.; NAIK, S.A.; MANJUNATH, A.N.; HARIYAPPA, N.; AZIZUDDIN, M.; KRISHNAMURTHY-RAO, W.; NAIK, S.A. Drip irrigation: effect on *Coffea arabica* var. Cauvery (Catimor) *Indian Coffee*, Bangalore, v.58, n.12, p.3-8, 1994.

MOSQUERA-SÁNCHEZ, L.P.; RIAÑO-HERRERA, N.M.; ARCILA-PULGARÍN, J.; PONCE-DÁVILA, C.A. Fotosíntesis, respiración y fotorrespiración en hojas de café *Coffea* sp. *Cenicafé*, Caldas, Colômbia, v.50, n.3, p.215-221, 1999.

MULLER, R.A. Early irrigation as a way to ensure high level regular production of the arabica coffee tree. *Cafe Cacao*, Paris, v.19, n.2, p.95-122, 1975.

NAYLOR, P.G. Management systems conducive to high production of quality coffee in south-central Africa. *Acta Horticulture*. n.275, p.69-77, 1990.

NOGUEIRA, F.D.; SILVA, E.B.; GUIMARÃES, P.T.G.; CHAGAS, S.J.R.; COSTA, L.; MALTA, M.R. Avaliação da adubação potássica por análises física e química dos grãos de café beneficiados. Lavras: EPAMIG, 1998. (EPAMIG. Circular Técnica, n.88).

NUNES, M.A. Water relations in coffee. Significance of plant water deficits to growth and yield: a review. *Journal of Coffee Research*, Karnataka, v.6, n.1, p.4-21, 1976.

NUTMAN, E. J. Method of uredospore dispersal of the coffee leaf rust fungus *Hemileia vastatrix*. *Transactions British Mycological Society*, London, v.43, n.3, p.509-515, 1960.

OMOTOSO, T.I. The effects of fertilizer and irrigation on the leaf macronutrient composition of *Coffea canephora* Pierre during a year. *Turrialba*, Costa Rica, v.24, n.3, p.315-318, 1974.

OSEGUERA, S.V. Efeito de fatores biológicos e climáticos sobre o desenvolvimento da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) do cafeeiro. 1980, 57p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, J.C.R.; SILVA-ACUÑA, R.; PEREIRA, A.A.; GUIMARÃES, F.B. Efeito de fontes de nitrogênio em componentes da resistência à ferrugem do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p.292-295. 1996.

RAM, G.; REDDY, A.G.S.; RAMAIAH, P.K. Effect of drip irrigation on flowering, fruit set retention and yield of *Coffea canephora* sub var. "Robusta" cv. S.274: a preliminary study. **Indian Coffee**, Bangalore, v.56, n.11, p.9-13, 1992.

RAMIREZ, M.L.G.; RAMIREZ, M.M; MONTENEGRO, J.; VARGAS, A.L. Efecto de diferentes niveles de potasio sobre la produccion de café la incidencia de enfermedades. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CAFICULTURA, 18, 1997, San José, Costa Rica. **Memórias...** San José, Costa Rica: IICA, 1997. p.219-222, (IICA- Miscellaneous-Publication).

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO, Poços de Caldas, 1986. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 1986, p.13-85.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Relações hídricas do cafeeiro. **Item: Irrigação e Tecnologia Moderna**. Brasília, n.48, p.34-41, 2000.

ROBERTS, F.M. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk e Br. **Transactions British Mycological Society**, London, v.46, n.1, p. 27-48, 1963.

ROTEM, J.; PALTI, J. Irrigation and plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**. Palo Alto, Califórnia, v.6, p.267-288, 1969.

SALAZAR-GUTIÉRREZ, M.R.; CHAVES-CORDOBA, B.; RIAÑO-HERRERA, N.M.; ARCILA-PULGARÍN, J.; JARAMILLO-ROBLEDO, A. Crecimiento del fruto de café *Coffea arabica* L. var. Colombia. **Cenicafé**, Caldas, Colômbia, v.45, n.2, p.41-50, 1994.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T.; FERNANDES, D.R. **Irrigação na cultura do café**. Campinas: Arbore, 1996. 146p.

SANTINATO, R.; UAMAMUSHI, C.A.; HORIO, C.Y.; IAMANAKA, K. Irrigação do cafezal com tripa plástica e válvula CS, em região hídrica marginal, para *Coffea arabica*. **Cafeicultura Moderna**, Rio de Janeiro, n.3, p.31-39, 1988.

SAS INSTITUTE, INC. SAS. **Procedures guide for computers**. 6.ed. Cary, N.C.: SAS Institute, 1993.

SIERRA-SANZ, C.A.; MONTOYA-RESTREPO, E.C. Control de la roya del cafeto con base en niveles de infección y su efecto en la producción. **Cenicafé**, Caldas, Colômbia, v.46, n.2, p.69-80, 1995.

SILVA-ACUÑA, R.; ZAMBOLIM, L.; ALVAREZ-VENEGAS, V.H.; VALE, F.X.R. Controle da ferrugem do cafeeiro com Triadimenol + Dissulfoton aplicado no solo submetido a três níveis de misturas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.148-153, 1997.

SILVA-ACUÑA, R.; ZAMBOLIM, L.; CRUZ, C.D.; VALE, F.X.R. Estudo epidemiológico da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) utilizando a análise de trilha. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.425-430, 1998.

SILVA-ACUÑA, R.; ZAMBOLIM, L.; GONZALEZ-MOLINA, E. del C. Estratégias de controle químico da ferrugem em cafeeiros sombreados na Venezuela. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.19, n.3, p.377-383, 1994.

SILVA-ACUÑA, R.; ZAMBOLIM, L.; VENEGAS, V.H.A.; CHAVES, G.M. Relação entre a produção de grãos, o teor foliar de macronutrientes e a severidade da ferrugem do cafeeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.39, n.224, p.365-377, 1992.

SNOECK, J. Irrigation trials with the Robusta coffee tree. **Cafe Cacao**, Paris, v.21, n.2, p.111-128, 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, Araguari, 2001, **Resumos expandidos...** Viçosa: UFV, 2001. p.84-89

SORICE, L.S.D. **Irrigação e fertirrigação de cafeeiros em produção**. 1999. 59p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SOUZA, S.M.C. **Importância da chuva e da temperatura do ar na incidência da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) em cafeeiros, de três localidades do estado de Minas Gerais**. 1980. 50p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TALAMINI, V. **Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e fertirrigado por gotejamento**. 1999. 89p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TERRONES, T.A.H. Avaliação de modelo de previsão da ferrugem do cafeeiro para determinar épocas de aplicação de fungicida. Viçosa: UFV, 1984. 68p. (Dissertação – Mestrado em Fitopatologia).

VALE, F.X.R. do; ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W.C. de. Efeito da temperatura no período latente de *Hemileia vastatrix* Berk & Br., agente causal da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, Poços de Caldas, 2000. **Resumos expandidos...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ/MINASPLAN, 2000a. p.175-178.

VALE, F.X.R. do; ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W.C. de. Efeito de fatores climáticos na ocorrência e no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, Poços de Caldas, 2000. **Resumos expandidos...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ/MINASPLAN, 2000b. p.171-174.

VALENCIA, A.G. Estudio fisiológico de la defoliación causada por *Cercospora coffeicola* en el café. **Cenicafé**, Caldas, Colômbia, v.21, n.3, p.105-114, 1970.

VENKATESULU, K.; KUMAR, P.R.; BAKRE, S.G.; UMESH, B.C. Water augmentation scheme for coffee plantations to boost production and productivity. **Indian Coffee**, v.59, n.2, p.9-10, 1995.

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

ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G.M.; VALE, F.X.R. do; PEREIRA, A.A. Manejo integrado das doenças do cafeeiro em cultivo adensado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1, 1994, Londrina, **Anais...**Londrina: IAPAR, 1994. 320p.

## ANEXOS

### ANEXO A

TABELA 1A. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores da área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPIF) e severidade (AACPSF) da ferrugem, incidência (AACPIC) e severidade (AACPSC) da cercosporiose no cafeeiro irrigado e fertirrigado sob diferentes lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação. .... 64

TABELA 2A. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores da área abaixo da curva do progresso do enfolhamento (AACPE), incidência (ICFR) e severidade (SCFR) da cercosporiose nos frutos e produtividade (P) do cafeeiro, em função de diferentes lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação. .... 65

TABELA 1A. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores da área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPIF) e severidade (AACPSF) da ferrugem, incidência (AACPIC) e severidade (AACPSC) da cercosporiose no cafeeiro irrigado e fertirrigado sob diferentes lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação.

F V	GL	AACPIF	AACPSF	* AACPIC	AACPSC
Bloco	3	6779911,058 NS	29279,050 NS	2101703,228 *	42977,404 NS
Lâmina	4	17032808,079 NS	53890,548 *	9372250,126 **	313855,316 *
Resíduo 1	12	5707113,525	15575,612	382327,917	90251,227
Parcelamento	2	35092,851 NS	6195,559 NS	141702,363 NS	413,912 NS
Lâmina*Parcelamento	8	775512,161 NS	2728,627 NS	929674,438 NS	219552,785 *
Resíduo 2	30	535564,226	5282,241	580875,571	85186,354
Total	59				
CV 1 (%):		84,80	29,93	25,74	16,41
CV 2 (%):		25,98	17,43	31,73	15,94

\* Significativo a 5% de probabilidade

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

NS Não significativo

TABELA 2A. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos valores da área abaixo da curva do progresso do enfolhamento (AACPE), incidência (ICFR) e severidade (SCFR) da cercosporiose em frutos e produtividade (P) do cafeeiro, em função de diferentes lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação.

FV	GL	AACPE	ICFR	SCFR	P
Bloco	3	11990923,75 NS	141,53 **	17,67 NS	973,87 NS
Lâmina	4	30217841,93 **	653,52 **	81,40 **	4896,79 **
Resíduo 1	12	4575995,94	17,52	7,38	799,11
Parcelamento	2	1986754,03 NS	3,98 NS	7,81 NS	348,26 NS
Lâmina*Parcelamento	8	4169593,83 NS	41,71 *	8,83 NS	677,13 **
Resíduo 2	30	1854959,15	17,73	11,83	195,82
Total	59				
CV 1 (%):		11,28	43,68	18,53	42,51
CV 2 (%):		7,18	43,95	23,47	21,04

\* Significativo a 5% de probabilidade

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

NS Não significativo

## ANEXO B

- TABELA 1B. Resultados do teste Scott Knott a 5% de probabilidade, aplicado sobre a área abaixo da curva do progresso da severidade da cercosporiose da interação entre as lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação. .... 67
- TABELA 2B. Resultados do teste Scott Knott a 5% de probabilidade, aplicado sobre a incidência da cercosporiose nos frutos do cafeeiro, obtida pela interação entre lâminas de irrigação e os parcelamentos de adubação..... 67
- TABELA 3B. Resultados do teste Scott Knott a 5% de probabilidade, aplicado sobre a produtividade do cafeeiro na safra 1999/2000, em função da interação entre as lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação..... 67

TABELA 1B. Resultados do teste Scott Knott a 5% de probabilidade, aplicado sobre a área abaixo da curva do progresso da severidade da cercosporiose da interação entre as lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação.

Lâmina	Parcelamento	Média (AACPSC)	Grupo
100% ECA	9	1258,25	1
	6	1488,90	1
	3	1960,89	2

TABELA 2B. Resultados do teste Scott Knott a 5% de probabilidade, aplicado sobre a incidência da cercosporiose nos frutos do cafeeiro, obtida pela interação entre lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação.

Lâmina	Parcelamento	Média (%)	Grupo
0% ECA	6	15,71	1
	9	24,11	2
	3	25,18	2

TABELA 3B. Resultados do teste Scott Knott a 5% de probabilidade, aplicado sobre a produtividade do cafeeiro, em sacas/hectare na safra 1999/2000, em função da interação entre as lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação.

Lâmina	Parcelamento	Média (Kg/ha)	Grupo
100% ECA	6	63,17	1
	9	83,53	1
	3	108,14	2