

VICTOR DE VASCONCELOS NUNES

**PRODUTIVIDADE E INCIDÊNCIA DE DOENÇAS NO CAFEEIRO  
SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2006

VICTOR DE VASCONCELOS NUNES

**PRODUTIVIDADE E INCIDÊNCIA DE DOENÇAS NO CAFEIEIRO  
SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

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

APROVADA: 17 de fevereiro de 2006.

---

Prof. Laércio Zambolim  
(Conselheiro)

---

Prof. Luiz Cláudio Costa  
(Conselheiro)

---

Dr. Antônio de Pádua Alvarenga

---

Dr. José Geraldo Ferreira

---

Prof. Everardo Chartuni Mantovani  
(Orientador)

## DEDICATÓRIA

*“...Sempre acreditei que as profundas transformações, tanto no ser humano como na sociedade, ocorrem em períodos de tempo muito reduzidos. Quando menos esperamos, a vida coloca diante de nós um desafio para testar nossa coragem e nossa vontade de mudança; neste momento, não adianta fingir que nada acontece, ou desculpar-se dizendo que ainda não estamos prontos.  
O desafio não espera.  
A vida não olha para trás.  
Uma semana é tempo mais que suficiente para sabermos decidir se aceitamos ou não o nosso destino.” (Paulo Coelho)*

A Deus, aos meus pais Ricardo Pinheiro Nunes (Telão) e Maria de Fátima (Cora Coralina), aos meus irmãos Gabriel (Boga) e Maria Antonieta (Netareichos); ao meu cunhado Alexandre; ao meu avô Leone Teixeira e a Maria do Carmo, aos meus amigos da Fazenda Chapadinha - GO, especialmente Adilson, Adelson, Orlando e Daniel (*in memoriam*) e meus “irmãos” de Viçosa: Mábio (paca), Rodrigão, Vinícius (Cabecinha) e Jyraia (preto de alma “branca”).

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) - por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola - pela oportunidade deste treinamento.

Ao meu orientador, Everardo Chartuni Mantovani, por ter acreditado e confiado em mim, pelo seu apoio nas horas das dificuldades, pelo incentivo, pelos conhecimentos transmitidos e por me fazer enxergar coisas que antes eu não via.

Ao Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, pelo financiamento das viagens.

Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais, Ricardo Pinheiro Nunes e Maria de Fátima Vianna de Vasconcelos Nunes, por serem verdadeiros guerreiros e sempre terem motivado os filhos aos estudos e ao caminho do bem.

Ao meu avô, Leone Teixeira de Vasconcelos, pelo seu exemplo de humildade e sabedoria, e por várias vezes ter-me recebido na fazenda, sempre “lapidando” o meu caráter com seus bons conselhos e experiência de vida.

A minha irmã Maria Antonieta e meu cunhado Alexandre, pelo companheirismo e amizade, mas, principalmente, por sempre terem me recebido de braços abertos em sua casa.

Ao meu incansável e guerreiro irmão, Gabriel.

A minha tia e madrinha Eleuza e seu esposo Michael.

Aos meu primos Michael, Maria José (Zezé), Vitinho, Luma e Júlia.

Aos professores Luiz Cláudio e Laércio Zambolim, pela assistência, conselhos e ensinamentos durante os trabalhos.

Aos doutores Antônio de Pádua Alvarenga e José Geraldo Ferreira, por constituírem minha banca.

Aos gerentes da Fazenda Vista Alegre, Alexandre e Belchior, por nunca terem medido esforços para a condução das pesquisas.

Aos funcionários do escritório da Fazenda Vista Alegre, Lairto, Sueli, Edílson, Dailson e Michele.

Aos funcionários de campo, Jovinho, turma do terreiro, turma do seu Néelson e do seu Manuel, Leopoldo, Gulão, “Meninão”, seu Wilson, Dico, Denílse, Duca, Piloto, Maurílio, Jésus, Anita e Luis.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, especialmente, Zé Mauro.Galinari e Jovercino.

Aos companheiros da República Fliperama: Vinição, Mábio, Jyraia, Rodrigão, Marcão e Leonardo, pelo companheirismo e amizade.

A Rejane, por sua responsabilidade e ajuda nos afazeres domésticos, mas, principalmente, pela amizade com a república.

Ao amigo Welington (B.A), pela boa convivência que construiu uma grande e verdadeira amizade e a sua esposa Kênia.

A galera da nova república na Bahia, Tiagão, Yuri (Gedai), Diogo (Cachorrão) e Douglas (Carioca).

A Keury, por existir.

Aos amigos Hérmes, Darik e Fabrício Sales pela ajuda na condução dos trabalhos de campo.

A todos os companheiros do GESAI (Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada).

Aos meus amigos do alojamento e ao pessoal da meteorologia.

Ao Zinato (Popô) e Dalmácio pela amizade e camaradagem.

Aos amigos da pracinha do bairro de Fátima, Reinaldo, Digão, Reginaldo, Montanha, Grau, Boné, Betão, Serginho, Severino e Clebinho.

Aos “Cachorros Doidos”, Beto, Didico, Cacá, Rafael e D. Regina, pela “original” amizade.

A minha “viola”, que me sustentou em Viçosa durante três anos e várias vezes alegrou nossas noitadas.

Aos amigos e companheiros das rodas de viola Thiago (Fião), André (Mococa) e Marcelão.

Aos “Violeiros”, Alexandre Ponciano e Jéferson Pinto.

Aos obstáculos enfrentados, que foram como degraus na minha vida e muito me fizeram amadurecer.

Ao professor José Maria Nogueira da Costa, por tudo o que fez por mim.

Aos amigos Antônio (Toninho) e Marcelo Rossi, pela ajuda e conselhos valiosos.

À PLASTRO Brasil, pela doação dos materiais de irrigação necessários para a condução do experimento.

Ao conselho editorial do Jornal Rural do Sul.

A todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para o bom andamento desse trabalho.

## **BIOGRAFIA**

VICTOR DE VASCONCELOS NUNES, filho de Ricardo Pinheiro Nunes e Maria de Fátima Vianna de Vasconcelos Nunes, nasceu em 08 de maio de 1977, na cidade de Brasília – DF.

Em 1999 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em janeiro de 2004.

Em março de 2004, iniciou o curso de Mestrado em Meteorologia Agrícola, concentrando as suas atividades na área de “Manejo e Gerenciamento da Irrigação”, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2006.

## CONTEÚDO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	xv
ABSTRACT .....	xvii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. O cafeeiro ( <i>Coffea arabica</i> L.).....	5
2.2. A irrigação .....	7
2.3. Manejo da irrigação com o software IRRIGA-GESAI .....	10
2.3.1. Evapotranspiração da cultura de referência (ET <sub>o</sub> ).....	12
2.3.2. Evapotranspiração da cultura (ET <sub>c</sub> ).....	13
2.3.3. O coeficiente de cultura (k <sub>c</sub> ) .....	13
2.3.4. O coeficiente k <sub>l</sub> .....	14
2.3.5. O coeficiente k <sub>s</sub> .....	14
2.4. Efeitos da irrigação na produtividade do cafeeiro .....	15
2.5. Doenças do cafeeiro .....	15
2.5.1. Ferrugem do cafeeiro ( <i>Hemileia vastatrix</i> Berk. & Br.).....	16
2.5.2. Cercosporiose do cafeeiro ( <i>Cercospora coffeicola</i> Berk. & Cooke).....	20
2.6. Irrigação x ferrugem x cercosporiose .....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1. Área experimental .....	23
3.1.1. Delineamento experimental.....	24
3.1.2. “Layout” da área experimental no período de setembro a	

dezembro de 2004.....	25
3.1.3. “Layout” da área experimental no período de janeiro a setembro de 2005 .....	26
3.2. O manejo da irrigação .....	27
3.2.1. Coeficiente de uniformidade de irrigação.....	27
3.2.2. Cálculo da lâmina bruta de irrigação.....	28
3.3. Adubação e tratos culturais.....	28
3.4. Metodologia para avaliação da incidência e severidade da cercosporiose e da ferrugem .....	29
3.4.1. Avaliação da incidência da cercosporiose e da ferrugem .	29
3.4.2. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD)	30
3.5. Avaliação da produtividade .....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
4.1. O solo.....	31
4.2. Uniformidade de Irrigação.....	32
4.3. Caracterização climática .....	32
4.4. O manejo da irrigação.....	34
4.5. Clima x ferrugem x cercosporiose.....	38
4.5.1. Incidência de ferrugem no ponto de colheita .....	41
4.5.1.1. Análise de variância para incidência de ferrugem no ponto de colheita.....	43
4.5.2. Incidência de cercosporiose no ponto de colheita .....	44
4.5.2.1. Análise de variância para incidência de cercosporiose no ponto de colheita.....	46
4.5.3. Área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF)	47
4.5.3.1. Análise de variância para área abaixo da curva de progresso da ferrugem.....	48
4.5.4. Área abaixo da curva de progresso da cercosporiose (AACPC).....	49
4.5.4.1. Análise de variância para área abaixo da curva de progresso da cercosporiose.....	50
4.6. Efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação sobre a produtividade do cafeeiro.....	51

	<b>Página</b>
4.6.1. Análise de variância para produtividade.....	53
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
1 Esquematização das seis fases fenológicas do cafeeiro arábica, durante 24 meses, nas condições climáticas tropicais do Brasil. (Transcrito de Camargo, 2001).....	8
2 Porcentagem das lâminas de irrigação de acordo com a vazão x número de gotejadores por metro dividido pelo espaçamento entre as linhas laterais.....	24
3 Resultado da análise química do solo (rotina de fertilidade) realizada no início do experimento, em setembro de 2004.....	32
4 Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) dos tratamentos em setembro de 2004 e setembro de 2005.....	32
5 Dados mensais de temperatura média (T <sub>méd.</sub> , °C), umidade relativa média (UR, %), velocidade do vento (V <sub>v</sub> , m.s <sup>-1</sup> ), precipitação (P <sub>pt</sub> , mm) e radiação (W.m <sup>-2</sup> ) coletados da estação meteorológica automática da fazenda Vista Alegre, no período de agosto de 2004 a setembro de 2005.....	33
6 Tratamentos, % lâminas, evapotranspiração potencial da cultura (ET <sub>pc</sub> ), evapotranspiração potencial da cultura (ET <sub>c</sub> ), e soma total das irrigações realizadas de setembro de 2004 a agosto de 2005.....	34
7 Dados de temperatura e umidade relativa mínima, ótima e máxima para infecção do cafeeiro à ferrugem e à cercosporiose.....	39
8 Resumo da análise de variância para a incidência de ferrugem no ponto de colheita nos tratamentos avaliados.....	43
9 Teste Tuckey para o fator fungicida na incidência de ferrugem do cafeeiro para os tratamentos sem o fungicida (T) e com o fungicida (E + P).....	44

10	Resumo da análise de variância para a incidência de cercosporiose no ponto de colheita nos tratamentos avaliados	46
11	Teste Tuckey para o fator fungicida na incidência de cercosporiose do cafeeiro para os tratamentos sem o fungicida (T) e com o fungicida (E + P).....	46
12	Teste Tuckey para o fator lâmina sem (T) e com o fungicida (E+P) na incidência de cercosporiose.....	47
13	Resumo da análise de variância para a área abaixo da curva de progresso da ferrugem nos tratamentos avaliados.....	48
14	Teste Tuckey para o fator fungicida na área abaixo da curva de progresso da ferrugem do cafeeiro para os tratamentos sem (T) e com o fungicida (E + P) .....	49
15	Resumo da análise de variância para a área abaixo da curva de progresso da cercosporiose nos tratamentos avaliados.....	50
16	Teste de Tuckey para análise do comportamento das lâminas nos tratamentos e sem (T) e com fungicida (E+P) no controle da cercosporiose.....	51
17	Médias das produtividades alcançadas em sacas por hectare em todos os tratamentos, sem (T) e com fungicida (E + P) e diferença entre os tratamentos.....	52
18	Respectivos percentuais das produtividades sem (T) e com fungicida (E + P) em relação à produtividade de T1 (tratamento testemunha).....	52
19	Resumo da análise de variância para o contraste da produtividade nos tratamentos sem fungicida (T).....	54
20	Resumo da análise de variância para o contraste da produtividade nos tratamentos com fungicida (E + P).....	54
21	Valores de F para as comparações de produtividade entre os tratamentos referentes ao primeiro (T1 a T3) e segundo grupo (T4 a T6), respectivamente.....	54

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
1 Croqui da área experimental. O espaçamento entre ruas é de 3,5 m e entre plantas de 0,5 m, sendo que cada tratamento tem 15 m .....	25
2 Esquema da parcela experimental correspondente ao período de setembro a dezembro de 2004 .....	25
3 Croqui da área experimental, com os respectivos tratamentos (T = testemunha e E+P = tratamento com aplicação de fungicida de princípio ativo epoxiconazole + piraclostobina), após a subdivisão das parcelas para a aplicação do fungicida opera. O espaçamento entre ruas é de 3,5 m e entre plantas de 0,5 m, sendo que cada tratamento tem 7,5 m.....	26
4 Esquema da parcela experimental subdividida correspondente ao período de janeiro a setembro de 2005.....	26
5 Valor médio mensal de precipitação pluvial (mm) e evapotranspiração de referência (ET <sub>o</sub> , mm), para o período agrícola de agosto de 2004 a setembro de 2005, na Fazenda Vista Alegre, Jaboticatubas – MG.....	33
6 Gráfico de simulação da umidade do solo para T1 (Sem irrigação).....	35
7 Gráfico de simulação da umidade do solo para T2 (51%).....	36
8 Gráfico de simulação da umidade do solo para T3 (73%).....	36
9 Gráfico de simulação da umidade do solo para T4 (100%).....	37
10 Gráfico de simulação da umidade do solo para T5 (124%).....	37
11 Gráfico de simulação da umidade do solo para T6 (145%).....	38

	<b>Página</b>	
12	Temperatura média registrada na estação, temperatura média mínima e máxima apta para o cultivo do café (19 a 22° C).....	39
13	Temperatura mínima, média, máxima x temperatura mínima, ótima e máxima para a ocorrência da ferrugem (F), Tmín. (F), Tótima (F) e Tmáx. (F), respectivamente.....	40
14	Temperatura mínima, média, máxima x temperatura mínima, ótima e máxima para a ocorrência da cercosporiose (C), Tmín. (C), Tótima (C) e Tmáx. (C), respectivamente.....	40
15	Umidade relativa média durante o período de agosto de 2004 a setembro de 2005.....	41
16	Incidência de ferrugem para os tratamentos sem o fungicida (T), compreendida entre o período de setembro de 2004 a setembro de 2005.....	42
17	Incidência de ferrugem compreendida entre o período de setembro de 2004 a setembro de 2005 para os tratamentos com o fungicida (E + P).....	43
18	Incidência de cercosporiose para os tratamentos sem o fungicida (T), compreendida entre o período de setembro de 2004 a setembro de 2005.....	44
19	Incidência de cercosporiose compreendida entre o período de setembro de 2004 a setembro de 2005 para os tratamentos com o fungicida (E + P).....	45
20	Área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF) para os tratamentos sem fungicida (T).....	47
21	Área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF) para os tratamentos com o fungicida (E + P).....	48
22	Área abaixo da curva de progresso da cercosporiose (AACPC) para os tratamentos sem o fungicida (T).....	49
23	Área abaixo da curva de progresso da cercosporiose (AACPC) para os tratamentos com o fungicida (E + P).....	50
24	Produtividade da safra 2004/2005, em sacas beneficiadas por hectare para todos os tratamentos com o fungicida (E+P) e sem e sem o fungicida (T).....	53

## RESUMO

Nunes, Victor de Vasconcelos, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2006. **Produtividade e incidência de doenças no cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Conselheiros: Laércio Zambolim e Luiz Cláudio Costa.

A cafeicultura é uma atividade cara, mas rentável, que emprega grande quantidade de mão-de-obra, tanto direta quanto indiretamente. Uma das grandes revoluções na cafeicultura atual foi justamente à adoção da irrigação em áreas consideradas climaticamente marginais ou inaptas para a cultura. Sabe-se, hoje, que a irrigação, concomitantemente com o seu manejo ou gerenciamento, desde que seja conduzida com técnica, é uma grande mola propulsora para agregação de valor ao produto final. O controle de pragas e doenças é outro ponto importante a ser considerado na condução de qualquer cultura, dentre as quais a do café. Um dos grandes gargalos, não só da cultura do café, mas de qualquer outra, é o controle de doenças e pragas, a fim de se obter produtividade ótima e diminuir os custos de produção. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito das lâminas de irrigação na incidência e severidade da ferrugem, da cercosporiose e na produtividade do cafeeiro irrigado por gotejamento. O experimento foi conduzido na Fazenda Vista Alegre, município de Jaboticatubas – MG, situada a 19°30' S, 43°44' W e 700 metros de altitude. O relevo da região é classificado como fase cerrado e o solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico. A pesquisa, realizada no período de agosto de 2004 a setembro de 2005, envolveu tratamentos com diferentes lâminas de irrigação, tomando por referência a lâmina diária requerida pelo

programa IRRIGA-GESAI, “T4” (100%) e, a partir dela, estabeleceu-se duas lâminas abaixo, “T2” (51%) e “T3” (72%), e duas lâminas acima, “T4” (124%) e “T5” (145%), além do tratamento testemunha, sem irrigação, “T1”. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com parcelas subdivididas, ou seja, uma subparcela com duas aplicações do fungicida Opera e outra sem nenhuma aplicação do fungicida. Utilizou-se o método FAO 24 modificado, com evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) calculada pela equação de Penman-Monteith, K<sub>c</sub> de 0,9 para a fase adulta, K<sub>s</sub> pelo método logaritmo e KI proposto por Keller & Bliesner. Os resultados das produtividades médias obtidas para os tratamentos T1 a T6 que não receberam aplicação do fungicida foram: 22,54, 28,76, 31,14, 37,81, 39,92 e 40,28 sc.ha<sup>-1</sup>, enquanto que para os tratamentos T1 a T6 que receberam aplicação do produto opera durante o período da pesquisa, foram: 27,30, 32,97, 34,84, 44,89, 46,02, 46,70 sc.ha<sup>-1</sup>. A produtividade média dos tratamentos sem o fungicida Opera foi de 33,41 sc.ha<sup>-1</sup>, enquanto nos tratamentos com aplicação do fungicida foi de 38,79 sc.ha<sup>-1</sup>, o que representa um acréscimo de 13,8% nos tratamentos que tiveram aplicação do fungicida. Observou-se pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade que houve diferença significativa na produtividade, do grupo de tratamentos das lâminas abaixo de 100% (T1, T2 e T3) quando comparada com o grupo de tratamentos das lâminas acima de 100% (T4, T5 e T6). Também não se observou influência da lâmina de irrigação na incidência de ferrugem. Ao contrário, observou-se interação significativa da lâmina de irrigação com a incidência de cercosporiose a 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey. Do ponto de vista econômico, considerando o fator custo-benefício, o tratamento 4, referente à lâmina de 100% foi o que mais se adequou as condições da fazenda.

## ABSTRACT

Nunes, Victor de Vasconcelos, M.S., Federal University of Viçosa February 2006. **Productivity and incidence of diseases in the coffee culture related by different levels of irrigation.** Adviser: Everardo Chartuni Mantovani. Members **Concellers**: Laércio Zambolim, Luiz Cláudio Costa.

Coffee plantation is an expensive activity, but very profitable, which requires a large amount of direct and indirect labor. One of the biggest revolution in the coffee culture was the use of irrigation in areas considered climatically in adapt for the culture. Consequently, today with your general management, being manipulated with modern technical skills, the end result is a large aggregation of the price on the final product. The control of pests and diseases is another important point to be considered in any other culture, in this case coffee. One of the biggest obstacles, not only in coffee, but in any other culture, is the control of pests and diseases with the end result. Providing greater productivity with less costs of production. The object of this work was to evaluate if the different levels of irrigation, in the severity of leaf rust, brown-eye spot and in the productivity of the coffee irrigated by drip irrigation. The experiment was conducted on the Vista Alegre farm, located in Jaboticatubas – MG situated at 19°30' S, 43°44' W e 700 meters of altitude. The vegetation of the region is classified as “cerrado” and the soil is classified as “Latossolo Vermelho Distrófico” (Brazilian Classification soil). The research realized between august 2004 and setember 2005, involved treatments with different levels of irrigation, in reference to daily levels required by the software IRRIGAGESAI, “T4” (100%) and from that was established two levels below, “T2”

(51%) and “T3” (72%), and two levels above, “T4” (124%) and “T5” (145%). Besides treatment without irrigation, “T1”. The layout of the area was formed by blocks casually sub-divided with sub-parcels, or be it, one subparcel had two applications of Opera (anti-fungus) and another without any application of (anti-fungus). Utilized was the FAO 24 modified, with evapotranspiration-reference (ET<sub>o</sub>) calculated by Penman-Monteith equation, kc of 0.9 for the adult phase, ks by the logarithm and kl proposed by Keller and Bliesner. The results of the average productivity obtained for treatments T1 to T6 which didn't receive the fungicide application was 22,54, 28,76, 31,14, 37,81, 39,92 e 40,28 bags (60 kg).ha<sup>-1</sup>, where as the treatments T1 to a T6 which received fungicide application (Opera) during the research was 27,30, 32,97, 34,84, 44,89, 46,02, 46,70, bags (60 kg).ha<sup>-1</sup> the average productivity with treatments without the anti-fungus (Opera) was 33,41 (60 kg).ha<sup>-1</sup>, where as treatments with Opera was 38,79 bags (60 kg).ha<sup>-1</sup>, which represents an increase of 13,8% with treatments of fungicide. Observed by the Tuckey test a 5% probability that there was a significant difference related to productivity. The group with levels below 100% (T1, T2 and T3) when compared with group of levels above 100% (T4, T5 and T6). The levels of irrigation didn't influence the incidence of leaf rust. Contrarily it was observed a significant integration between the levels of irrigation with the incidence of brown-eye spot at a 5% probability by the Tuckey test. Economically speaking, the cost-benefit ratio with treatment 4, referring to level 100% was the most adequate to the field conditions.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa, atualmente, a posição de maior produtor e exportador mundial de café, sendo responsável por 25,3 % da produção mundial, com um parque cafeeiro de 5,9 bilhões de plantas, em cerca de 2,4 milhões de hectares (FAO, 2004).

Em regiões onde a precipitação não é suficiente para atender às necessidades hídricas, ou mesmo onde ela é suficiente, mas não é bem distribuída ao longo do ano, faz-se necessária a utilização da irrigação, a fim de que não falte água para as espécies cultivadas, principalmente nos estádios mais críticos das culturas (VIEIRA, 2002).

A cafeicultura irrigada é uma realidade no cenário nacional, ocupando cerca de 8% da sua área plantada, permitindo situar o cafeeiro entre as principais culturas irrigadas do Brasil. Levantamentos preliminares avaliaram um total de quase 200.000 hectares irrigados (EMBRAPA, 1999), concentrados principalmente no Norte do Espírito Santo, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba em Minas Gerais e Oeste da Bahia.

De antiga luta contra a seca, a irrigação tornou-se uma estratégia para aumento da produtividade e da melhoria da qualidade final do produto, assim, vem sendo utilizada com o objetivo de eliminar o déficit hídrico durante todo o ciclo da cultura, ou em fases fenológicas específicas, visando à competitividade das áreas de produção (MANTOVANI *et al.*, 2003).

Na última reunião do Núcleo de Cafeicultura Irrigada (NCI), em abril de 2005, na cidade de Araguari, a área total irrigada na cafeicultura já ultrapassa os 300.000 hectares em todo o país (dados não publicados).

A irrigação é uma das técnicas empregadas para estimular a produtividade, já que vários autores verificaram incremento na produção do cafeeiro com o advento da irrigação. (SOARES 2001 e FERNANDES *et al*, 1998).

A cafeicultura irrigada é uma prática recente, que vem crescendo em importância no cenário brasileiro, envolvendo engenharia e manejo da irrigação. O manejo é uma atividade complexa, pois além da interação clima, solo, água e planta, também varia em função do sistema de irrigação e da mão-de-obra. Dessa forma, os conhecimentos das características, do funcionamento, e das potencialidades de um sistema de irrigação têm forte influência sobre o processo de tomada de decisão no manejo da irrigação.

Os métodos de manejo da irrigação são baseados, praticamente, em dois processos: determinação da umidade do solo e estimativa da evapotranspiração das culturas. Existem poucos trabalhos que se referem ao manejo detalhado da irrigação na cafeicultura e sua relação com a incidência de doenças nas culturas, de forma geral.

Um bom manejo da irrigação pode beneficiar uma cultura de muitos modos, a saber: aumentando sua produtividade; permitindo maior eficiência no uso de fertilizantes; permitindo uma programação de cultivo, isto é, a elaboração de uma escala de plantio que possibilite a obtenção de duas ou mais colheitas em um só ano, na mesma área, ou seja, o uso intensivo do solo, permitindo introduzir culturas caras, o que minimiza o risco do investimento, etc (BERNARDO *et al.*, 2005).

O panorama da irrigação no momento, não só no Brasil mas no mundo todo, está embasado dentro de um novo conceito, onde a agricultura irrigada não é simplesmente agricultura mais água, mas levando-se em conta as relações do solo, água, clima e cultura (MANTOVANI 2004).

A irrigação é uma ferramenta que deve ser trabalhada com muito cuidado, a fim de se evitar que outros fatores possam levar a perdas em

produtividade, como, por exemplo, o favorecimento de doenças, pela alteração do microclima e do estado nutricional da planta (JULIATTI e SILVA, 2001).

O IRRIGA-GESAI é um software de manejo e gerenciamento da irrigação, desenvolvido pelo GESAI (Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada). O programa calcula, diariamente, o saldo de água no solo através do balanço hídrico diário, onde as entradas são: as precipitações e irrigações e as saídas são: a evapotranspiração, o escoamento (parte da água que escoar na superfície) e a percolação (parte da água que não é retida na região do sistema radicular).

A determinação da quantidade de água necessária para a irrigação é um dos principais parâmetros para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação, bem como para avaliação de recursos hídricos (BERNARDO *et al.*, 2005).

Muito pouco se sabe sobre a relação da irrigação com a incidência de pragas e doenças, pois, geralmente, a irrigação é associada com a produtividade final, não se levando em conta que o seu manejo criterioso pode diminuir ou até mesmo evitar a incidência de pragas e doenças durante o sistema de produção, porque a quantidade de água e o tempo de molhamento foliar estão diretamente relacionados com o surgimento dessas doenças.

Segundo TALAMINI (1999), o entendimento epidemiológico das interações entre patógeno, hospedeiro e ambiente é fundamental para o manejo das doenças de plantas. Assim, o conhecimento dos fatores que influenciam o desenvolvimento das doenças é de suma importância para obtenção de êxito no manejo.

Ainda segundo a mesma autora, a maior intensidade das doenças está intimamente ligada ao ambiente, manejo e resistência do cultivar. Em relação ao ambiente, a pluviosidade, a temperatura e a umidade do ar afetam tanto a incidência quanto à severidade das doenças. As condições de manejo, como a irrigação e a fertirrigação, também podem afetar a intensidade das doenças, alterando o estado nutricional da planta e, conseqüentemente, o microclima da cultura.

Dentre as doenças do cafeeiro, as que mais preocupam atualmente os produtores são a ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e a cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), pois proporcionam significativas perdas quantitativa e qualitativa. A

ferrugem é a principal doença do cafeeiro em todo mundo e os principais danos causados por ela são a queda precoce das folhas e a seca de ramos antes do florescimento, prejudicando o pegamento de frutos e a produção do ano seguinte (ZAMBOLIM *et al.*, 1997).

A ferrugem tem-se tornado de ocorrência sazonal, sendo pouco conhecida a relação entre a sua incidência, severidade e lâmina de água aplicada. A incidência de ferrugem causa a desfolha do cafeeiro, devido a grande produção de etileno no processo de necrose, e basta uma lesão por folha para causar sua queda. (CHALFOUN & CARVALHO, 1998).

Embora o controle da doença mais generalizado em todo o mundo seja realizado por meio de tratamentos fungicidas, há muito se procura criar novos cultivares com resistência a este patógeno que, dispensando total ou parcialmente esses tratamentos, possam substituir os cultivares tradicionais de arábica, os quais são muito susceptíveis à ferrugem. Contudo, o contínuo aparecimento de novas raças fisiológicas tem ocasionado a quebra de resistência dos cultivares produzidos pelos melhoristas com o intuito de conseguir resistência duradoura a este patógeno (VÁRZEA *et al.*, 2002).

As literaturas que tratam deste assunto são escassas e recentes, por isso, o estudo e a comparação entre as lâminas de irrigação, concomitantemente com as respectivas avaliações da incidência de doenças e com a produtividade são de grande importância para uma quantificação dessa relação e sabermos até que ponto a irrigação realmente pode influenciar na incidência e na severidade da ferrugem do cafeeiro.

Considerando o exposto, o presente projeto tem os seguintes objetivos:

- 1) Avaliar se a lâmina requerida pela cultura é a mais adequada para a cultura do cafeeiro;
- 2) Avaliar o efeito das diferentes lâminas de irrigação na incidência e severidade da ferrugem do cafeeiro;
- 3) Avaliar o efeito das diferentes lâminas de irrigação na incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro;
- 4) Avaliar o efeito das diferentes lâminas de irrigação na produtividade.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. O Cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

O cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) é a espécie mais importante do gênero *Coffea* e predomina nos cultivos do Brasil. É uma planta tropical de altitude, adaptada a climas úmidos e temperaturas amenas, condições que prevalecem nos altiplanos da Etiópia, região considerada de origem da espécie (MATIELLO, ABREU E ANDRADE, 1974).

Os parâmetros adotados em mapeamentos de aptidão climática baseiam-se em levantamentos de elementos encontrados nas áreas de origem da espécie considerada, e nas regiões onde a cultura é explorada comercialmente com sucesso (CAMARGO, 1985).

O zoneamento climático associado ao potencial produtivo é extremamente importante para qualquer sistema de produção.

As características agroclimáticas das diversas regiões influenciam, diretamente, a produtividade final da cultura do café. Analisando o grau de correspondência entre o zoneamento climático para a cultura e o potencial produtivo da cultura no Estado de Minas Gerais, EVANGELISTA *et al.* (2002), encontrou que Minas Gerais apresenta 37% de seu território com condições adequadas ao cultivo do café, 45% com alguma restrição e 18% considerados

inaptos, sendo que as áreas aptas ao cultivo do café se concentram no Centro-Sul do Estado.

De acordo com a metodologia apresentada no documento “Zoneamento Agroclimático do Estado de Minas Gerais”, a carta de aptidão agrícola para a cultura do café traz o mapeamento das faixas com as diferentes limitações e possibilidades climáticas para esta cultura. Para sua execução, foram conjugadas as exigências da cultura com a carta climática básica e apresentadas três classes de aptidão, com as seguintes características:

Apta: quando a região apresenta condições térmicas e hídricas favoráveis à exploração da cafeicultura;

Restrita: quando a região apresenta, sob o ponto de vista climático, restrição térmica ou hídrica. Numa faixa assim mapeada, a cultura poderá, eventualmente, encontrar aptidão, desde que os fatores de restrição sejam controlados;

Inapta: quando as características do clima não são adequadas à exploração comercial da cultura, em razão das limitações graves dos fatores térmicos e hídricos.

Referindo-se às exigências térmicas e hídricas, MATIELLO (1991), com base nos conhecimentos obtidos no Brasil e no exterior, estabeleceu os parâmetros técnicos para o zoneamento climático da cultura do café. Portanto, para as regiões aptas, restritas e inaptas, os limites térmicos estão, respectivamente, entre 19 a 22; 18 a 19 e 22 a 23; < 18 e > 23 °C, para o café arábica (*Coffea arabica*).

Temperaturas relativamente elevadas, à época da floração, reduzem o vingamento das floradas e podem provocar a formação de “estrelinhas”, i.e., flores abortadas, com impactos negativos diretos sobre a produção, particularmente nos anos em que a estação seca se prolonga (CAMARGO, 1985). Em regiões com temperaturas médias anuais inferiores a 18° C, a ocorrência de geadas, ainda que esporádicas, e ventos frios, podem limitar grandemente a exploração econômica da cafeicultura. Além disso, o lento desenvolvimento dos frutos resulta numa maturação tardia, que, em muitos casos, pode sobrepor-se ou ultrapassar a florada seguinte (CAMARGO, 1985), com efeitos negativos sobre a produção, em função dos danos causados aos botões florais durante a colheita.

De acordo com observações coletadas em várias regiões cafeeiras, foi possível estabelecer um mapeamento das aptidões climáticas em relação ao fator disponibilidade hídrica. Para o café arábica, as regiões aptas à cafeicultura apresentam déficit hídrico inferior a 100 mm; as regiões marginais, as quais necessitam de eventual irrigação, apresentam entre 100 e 200 mm; e as regiões inaptas, superior a 200 mm, necessitam irrigação mais tecnicada (MATIELLO *et al.*, 2002).

Conquanto evoluído em ambientes sombreados de florestas úmidas, o cafeeiro está naturalmente adaptado a altas umidades relativas do ar (UR). Assim, a faixa de UR que lhe é mais adequada se situa entre 75 e 85% (MALAVOLTA, 2000).

## **2.2. A irrigação**

O café arábica (*Coffea arabica* L.) leva dois anos para completar o ciclo fenológico de frutificação, ao contrário da maioria das plantas que completam o ciclo reprodutivo no mesmo ano fenológico. Após várias tentativas para definição e esquematização das distintas fases fenológicas do cafeeiro, chegou-se a uma forma racional constituída de seis fases distintas envolvendo os dois anos fenológicos, iniciados em setembro. As fases são:

1ª fase, vegetativa com sete meses, de setembro a março, todos com dias longos;

2ª fase, também vegetativa, de abril a agosto, com dias curtos, quando há indução das gemas vegetativas dos nós formados na 1ª fase, para gemas reprodutivas. No final da 2ª fase, em julho e agosto, as plantas entram em relativo repouso com formação de um ou dois pares de folhas pequenas, que aparecem no período de relativo repouso do cafeeiro, entre os dois anos fenológicos. Em seguida vem a maturação das gemas reprodutivas após a acumulação de cerca de 350 mm de evapotranspiração potencial (ETp), a partir de abril;

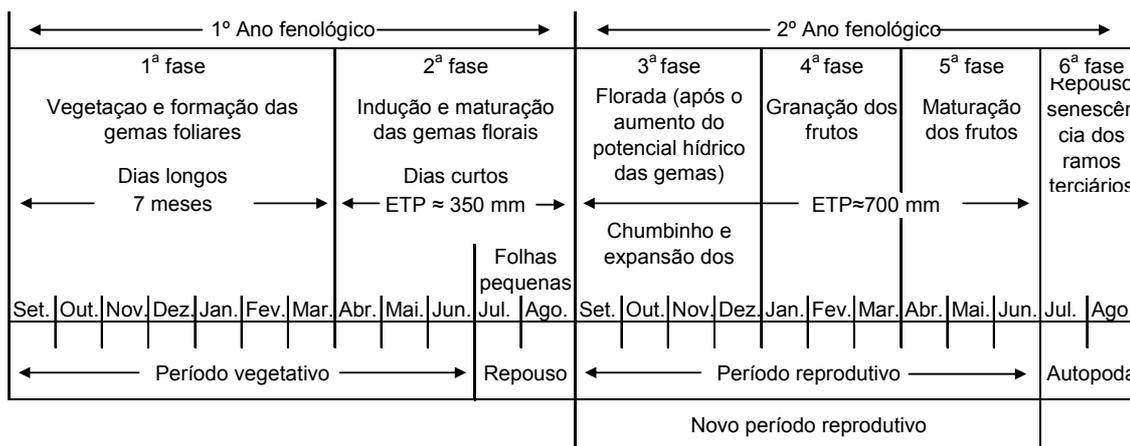
3ª fase, de florada e expansão dos frutos, de setembro a dezembro. As floradas ocorrem cerca de 8 a 15 dias após o aumento do potencial hídrico nas gemas florais (choque hídrico), causado por chuva ou irrigação;

4ª fase, granação dos frutos, de janeiro a março;

5ª fase, maturação dos frutos ao completar cerca de 700 mm de somatório de ETp, após a florada principal;

6ª fase, de senescência e morte dos ramos produtivos, não primários, em julho e agosto (CAMARGO & CAMARGO, 2001).

Tabela 1 – Esquematização das seis fases fenológicas do cafeeiro arábica, durante 24 meses, nas condições climáticas tropicais do Brasil. (Transcrito de Camargo e Camargo, 2001)



A esquematização das diferentes fases fenológicas do cafeeiro arábica é útil para facilitar e racionalizar as pesquisas e observações na cafeicultura. Possibilita identificar as fases que exigem água facilmente disponível no solo e aquelas nas quais torna-se conveniente ocorrer um pequeno estresse hídrico, para condicionar uma abundante florada. A esquematização facilita, entre outras coisas, o reconhecimento das melhores épocas de aplicação de tratamentos fitossanitários e a execução das diversas operações agrícolas necessárias (CAMARGO & CAMARGO, 2001).

A irrigação não é uma prática recomendada extensivamente para as regiões climaticamente aptas à cafeicultura de *Coffea arábica* no centro sul do país (regiões com déficit hídrico inferior a 200 mm anuais). Entretanto, vastas áreas marginais de cerrado em Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul, apresentam excelentes características edafoclimáticas que permitem a exploração de cafeeiros de alta qualidade; porém, há necessidade de irrigação em virtude da ocorrência de déficit hídrico nos períodos críticos da cultura os quais, segundo CAMARGO (1987) são:

- a) Fase de chumbinho: de outubro a dezembro. Em função da temperatura, esta fase pode ser antecipada de um a dois meses. A deficiência hídrica severa atrasa o crescimento dos frutos, resultando peneira baixa, além de reduzir a produtividade;
- b) Fase de granação: de janeiro a março. A deficiência de água afeta a granação dos frutos, aumentando o chochamento e reduzindo a produtividade;
- c) Fase de maturação e abotoamento: de abril a junho. A deficiência hídrica não afeta a maturação dos frutos já formados nem a produção do ano; porém, afeta a abotoação e frutificação do ano seguinte.

O tamanho final da cereja depende acentuadamente da chuva caída de 10 a 17 semanas após o florescimento, período que corresponde à fase de expansão rápida do fruto. A expansão celular, que delimita o tamanho da semente, e que caracteriza essa fase sensível ao déficit hídrico (RENA E MAESTRI, 1987).

Deficiências e desequilíbrios nutricionais afetam a quantidade das doenças nos cafezais. Algumas vezes, as deficiências nutricionais podem ser provocadas por falta de umidade no solo (SANTOS *et al.*, 1985; GODOY, BERGAMIM FILHO & SALGADO, 1997).

A evapotranspiração da cultura (ETc) é a soma dos componentes de evaporação (solo) e transpiração (planta). Sua definição é de fundamental importância, pois estabelece o consumo de água pelas plantas, e, por consequência, a lâmina de irrigação a ser aplicada pelo sistema.

As nomenclaturas mais utilizadas para sua definição são:

- ✓ ETo = evapotranspiração da cultura de referência (mm/dia);
- ✓ ETc = evapotranspiração da cultura (mm/dia) .

A Eto é um termo variante de região para região, ou seja, é dependente, única e exclusivamente, das condições climáticas presentes no local, portanto, ela representa a demanda hídrica da região. Antigamente era chamada de evapotranspiração potencial e equivalia à evapotranspiração de uma superfície gramada.

Hoje, foi assim definida pela FAO (1997): ETo representa a evapotranspiração de uma cultura hipotética, de porte baixo (12 cm), com

refletividades (albedo) de 0,3 e uma resistência aerodinâmica de 70 s/m. Sua determinação pode ser feita de diversas formas, porém, para que se chegasse a um consenso nesse resultado, foi tomada como padrão a equação de Penman-Monteith – FAO.

O coeficiente de cultura,  $k_c$ , varia com o estágio de crescimento de cada cultura. A distribuição do coeficiente de cultura durante o ciclo de crescimento de uma cultura é chamada de curva de cultura, que são correntemente obtidas experimentalmente. Elas representam o efeito integrado da mudança na área da folha, altura da planta, grau de cobertura e resistência do dossel da planta, e albedo sobre a  $ET_c$  em relação à cultura de referência.

A evapotranspiração potencial da cultura ( $ET_{pc}$ ) é a evapotranspiração de determina cultura quando se tem ótimas condições de umidade e nutrientes no solo, de modo a possibilitar a produção potencial desta cultura nas condições de campo (BERNADO, 2002).

Dependendo da frequência da irrigação (1, 2, 3, 7, 10.....dias) a evapotranspiração (evaporação + transpiração) pode aumentar ou diminuir. Para corrigir estas diferenças podemos incluir um fator  $K_s$ , sendo que o  $K_s$  seria igual a 1 para alta frequência e menor do que 1 para intervalos maiores.

Como na irrigação localizada (gotejamento, microaspersão e pivô LEPA) não molhamos toda a superfície do solo, a evapotranspiração deve ser ajustada segundo essa condição. Para essa determinação, utilizamos o coeficiente de localização da irrigação ( $K_L$ ). O  $K_L$  é igual 1 para irrigação que molha toda superfície do solo (aspersão convencional, pivô normal, autopropelido). Segundo PIZARRO (1990), na irrigação localizada, os solos secos que circundam as culturas se aquecem mais que os solos úmidos, emitindo, assim, maior radiação de ondas longas, que, conseqüentemente, é absorvida pelas culturas. Segundo o mesmo autor, esse aquecimento do ar circundante associado aos fenômenos de microadvecção, é responsável pelo aumento da transpiração, pois fornecem mais energia às folhagens das culturas.

### **2.3. Manejo da irrigação com o software IRRIGA-GESAI**

O IRRIGA-GESAI é um sistema de apoio à decisão na área da agricultura irrigada, composto de vários “módulos” voltados para o manejo da água (simula, manejo, avalia e decisão). Desenvolvido no âmbito do Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada (GESAI) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA-UFV), está inserido dentro de uma política de parceria e de solução do grave problema associado à falta de manejo da irrigação em condições de campo. Incorpora uma visão técnica, sem perder de vista a operacionalidade necessária no dia-a-dia (MANTOVANI, 2002).

A determinação da lâmina líquida de irrigação (útil às plantas) calculada pelo IRRIGA-GESAI é em função da evapotranspiração da cultura por meio de metodologia proposta por DOORENBOS e PRUITT (1977), modificada por MANTOVANI (2002). A lâmina bruta de irrigação (aplicada pelo equipamento) leva em consideração, ainda, as perdas por evaporação e arraste durante a aplicação da água (dependendo da forma de aplicação da água), além das perdas devido à falta de uniformidade de aplicação da água.

Para a calibração do teor de umidade do solo faz-se necessário um acompanhamento amostragens periódicas para atualização desses valores.

ANTUNES (2001) E SOARES (2005), trabalhando com cálculo do teor de umidade do solo pelo método-padrão de estufa para calibração do teor de umidade do solo calculado pelo programa IRRIGA-GESAI, encontram uma variação máxima de 2,5%.

No balanço hídrico realizado para identificar o déficit de água no solo, um dos fatores de maior importância é a evapotranspiração da cultura.

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é realizada com os dados climáticos coletados na área a ser manejada, sendo mais recomendada a equação padrão de Penman-Monteith (ALLEN *et al.*, 1998). Os valores de K<sub>c</sub> (coeficiente de cultura), duração das fases e porcentagem de área sombreada ou molhada, são definidos de acordo com a cultura, a fase de desenvolvimento e o sistema de irrigação, e podem ser obtidos na literatura.

O coeficiente de estresse hídrico (K<sub>s</sub>) promove o ajuste da evapotranspiração potencial para a evapotranspiração da cultura em função do nível de umidade atual do solo ao longo do ciclo de desenvolvimento. O

programa IRRIGA-GESAI trabalha com os modelos de BERNARDO *et al.* (2005) de determinação do Ks.

O método de irrigação localizada aplica água de forma pontual, não irrigando toda a área, o que, conseqüentemente, promove a redução da evapotranspiração. Esta redução dá-se em função da diminuição da área molhada e da área sombreada pela cultura. Alguns pesquisadores desenvolveram coeficientes de localização (KI) para ajustar a evapotranspiração gerada a partir da irrigação total em evapotranspiração promovida a partir de irrigação pontual. O Programa IRRIGA-GESAI permite trabalhar com qualquer método de determinação de KI, destacando-se os modelos de KELLER (1978) e KELLER & BLISNER (1990), SOARES (2005).

As equações utilizadas pelo IRRIGA-GESAI são:

### 2.3.1. Evapotranspiração da cultura de referência (ET<sub>o</sub>)

Para determinação da ET<sub>o</sub>, foi utilizado o método padrão, equação de Penman-Monteith (FAO). Observa-se na equação 1, que para o cálculo da ET<sub>o</sub> pelo método padrão são necessários valores medidos de temperatura média do ar, velocidade do vento, umidade relativa média do ar e radiação solar (ou horas de insolação), fornecidos pela estação.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta (R_n - G) \gamma + \frac{900}{T - 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

ET<sub>o</sub> = evapotranspiração de referência [mm dia<sup>-1</sup>];

R<sub>n</sub> = radiação líquida à superfície de cultura [MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>];

G = densidade do fluxo de calor do solo [MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>];

T = temperatura do ar média diária a 2 m de altura [°C];

u<sub>2</sub> = velocidade do vento a 2 m de altura [m s<sup>-1</sup>];

e<sub>s</sub> = pressão do vapor de saturação [kPa];

e<sub>a</sub> = pressão do vapor atual [kPa];

e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub> = déficit de pressão do vapor de saturação [kPa];

$\Delta$  = declividade da curva de pressão do vapor [kPa °C<sup>-1</sup>];

$\gamma$  = constante psicrométrica [kPa °C<sup>-1</sup>].

### 2.3.2. Evapotranspiração da cultura (ET<sub>C</sub>)

A estimativa da evapotranspiração da cultura (ET<sub>C</sub>) foi obtida usando dados meteorológicos e condições de cultivos. A precisão das estimativas de ET<sub>C</sub> depende primariamente da habilidade das equações sendo utilizadas em representar as leis físicas que governam os processos e a precisão dos dados meteorológicos e dos dados de cultivos.

O cálculo da ET<sub>C</sub> para irrigação localizada foi feito utilizando a equação 2:

$$ET_c = ETo \cdot kc \cdot ks \cdot kl \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

$ET_c$  = evapotranspiração da cultura, em mm dia<sup>-1</sup>;

$ETo$  = evapotranspiração de referência, em mm dia<sup>-1</sup>;

$kc$  = coeficiente da cultura, de acordo com o estágio de desenvolvimento, adimensional;

$ks$  = coeficiente de estresse hídrico, em função da variação da umidade do solo (0 a 1), adimensional; e

$kl$  = coeficiente de localização, que depende da porcentagem de área molhada e sombreada.

### 2.3.3. O coeficiente de cultura (kc)

O coeficiente de cultura (kc) varia com o estágio de crescimento de cada cultura. Os valores dos coeficientes de cultura durante o ciclo de crescimento são obtidos experimentalmente. Eles representam o efeito integrado da mudança na área foliar, da altura da planta, do grau de cobertura e resistência

do dossel da planta e do albedo sobre a  $ET_C$  em relação à cultura de referência.

Os valores citados são utilizados inicialmente, e medidas de campo relacionadas ao desempenho da cultura podem indicar a necessidade de ajustes nos mesmos.

Coeficiente de cultura,  $k_c$ , cadastrado no IRRIGA-GESAI para a cultura do café, no período da pesquisa, foi de 0,90, correspondente ao  $k_c$  da fase adulta.

#### 2.3.4. O coeficiente $k_l$

Segundo MUDRIK (2005), para as condições climáticas do cerrado mineiro (Triângulo Mineiro), o coeficiente de localização ( $k_l$ ) obtido pela equação de FERERES (1990) superestima a  $ET_C$ , enquanto a equação de KELLER (1978) a subestima. A equação que melhor se ajusta às condições de campo é a de KELLER & BLIESNER (1990), onde:

$$k_l = 0,1\sqrt{PAM} \quad \text{ou} \quad k_l = 0,1\sqrt{PAS} \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:

$k_l$  = coeficiente de localização, dependente da percentagem de área molhada e sombreada (usa-se o maior valor), adimensional;

$PAM$  = percentagem de área molhada;

$PAS$  = percentagem de área sombreada.

#### 2.3.5. O coeficiente $k_s$

Segundo BERNARDO *et al.* (2005), o valor de  $k_s$  obtido pelo modelo logarítmico determinado pela equação 4 é o que melhor se ajusta para a correção da  $ET_C$ .

$$k_s = \frac{\ln(LAA + 1)}{\ln(CTA + 1)} \quad \text{Equação (4)}$$

Em que:

$\ln$  = logaritmo neperiano;

LAA = lâmina atual de água do solo, em mm; e

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

## **2.4. Efeitos da irrigação na produtividade do cafeeiro**

A produtividade do cafeeiro é afetada por diversos fatores, como o clima, o manejo da cultura, os cultivares, a irrigação e o controle de pragas e doenças (CARVALHO, 1998; BONOMO, 1999).

Diversos resultados de pesquisa têm demonstrado efeito benéfico da irrigação sobre a produtividade do cafeeiro. Trabalho realizado no município de Caratinga – MG, entre os anos de 1986 e 1988, mostrou o efeito positivo da irrigação sobre a produção em anos com escassez de chuva. Em plantas que não receberam a irrigação, observou-se diminuição no pegamento da florada, queda de frutos e comprometimento da granação, resultando em prejuízos nas produções das safras avaliadas. No entanto, observou-se que a irrigação melhora a eficiência de outras práticas culturais, como a adubação, resultando em reflexos positivos em produção de café por hectare (REIS *et al.*, 1990).

Recentes trabalhos conduzidos por KARASAWA *et al.* (2001), FERNANDES *et al.* (1998), e MARTINS *et al.* (2002), com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre o desenvolvimento vegetativo e a produtividade de cafeeiros têm mostrado que variações de lâminas afetam diretamente a produtividade através da redução de parâmetros de desenvolvimento vegetativo da parte aérea do cafeeiro.

Trabalho realizado nas condições do cerrado mineiro, no município de Araguari, em lavouras de café com oito anos de idade, cultivar Mundo Novo 388-17, mostrou o efeito positivo de sistemas de irrigação, bem como de diferentes lâminas no aumento da produtividade da lavoura (CARVALHO 1998 & PEIXOTO 2002).

Em Viçosa – MG, no período de 2000 a 2002, trabalho realizado numa lavoura de oito anos, da variedade Catuaí vermelho, mostrou que a irrigação pode proporcionar um acréscimo significativo na produtividade quando comparadas ao tratamento não irrigado (MANTOVANI 2003).

## 2.5. Doenças do Cafeeiro

O parque cafeeiro do Brasil é constituído por cerca de 5,9 bilhões de plantas suscetíveis a diferentes patógenos, tais como fungos, bactérias e vírus. As doenças como ferrugem, cercosporiose, mancha de Phoma, mancha de Ascochyta, seca dos ponteiros e mancha aureolada são consideradas as mais importantes. Entretanto, a maior ou menor severidade destas doenças está ligada a diversos fatores relacionados ao ambiente (vento, umidade, precipitação, entre outros); ao patógeno; ao hospedeiro; ao solo (tipo, pH e nutrientes) (ZAMBOLIM *et al.*, 1997; GODOY, BERGAMIM FILHO & SALGADO, 1997).

Dentro do conceito atual de controle de doenças, busca-se um processo contínuo de manejo com base no princípio de manter as doenças abaixo do nível de perda por meio de alternativas disponíveis, sem causar prejuízos ao meio ambiente. Para empregar, corretamente, o manejo de doenças, toma-se necessário o conhecimento de vários fatores ligados ao patógeno, ao hospedeiro e ao ambiente, fatores, estes, que atuem juntos ou isoladamente e favoreçam ou inibam o desenvolvimento da doença (CARVALHO & CHALFOUN, 1998).

As doenças do cafeeiro afetam, principalmente, as folhas, os frutos e os ramos da planta. A ferrugem e a cercosporiose ocorrem com maior intensidade no período chuvoso, que na região Centro-sul vai de outubro a abril/maio. Já as doenças como a mancha de Phoma/Ascochyta e a mancha aureolada são associadas a quedas de temperatura e à umidade elevada, que ocorrem com maior frequência nos meses de maio a novembro. Deste modo, o cafeeiro está sujeito à ocorrência de doenças o ano todo (MATIELLO & ALMEIDA, 1997).

A caracterização da intensidade da doença no tempo é de fundamental importância em epidemiologia para descrever e entender a dinâmica da doença, bem como para avaliação de tratamentos. A quantificação típica é feita analisando a curva de progresso, que é uma seqüência ordenada de valores de doença no decorrer do tempo (CAMPBELL & MADDEN, 1990; KUSHALAPA & CRUZ FILHO, 1993; MADDEN & HUGHES, 1995; BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996).

### 2.5.1. Ferrugem do Cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.)

No Brasil, a ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) foi constatada pela primeira vez no estado da Bahia, em 1970. A doença ocorre em todas as regiões do mundo onde a cultura é explorada. Em países como o Ceilão, Índia e Java, ela foi catastrófica. No Brasil, as perdas podem atingir, em média, 35% a 40% da produção (RIBEIRO DO VALE & ZAMBOLIM, 1996).

Nas lavouras em fase de formação, a ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) não provoca perdas. O aumento na intensidade dessa doença ocorre após as primeiras produções do cafeeiro (CHALFOUN, 1997).

O patógeno infecta as folhas do cafeeiro e causa manchas cloróticas translúcidas com um a três milímetros de diâmetro. Na face inferior, desenvolvem-se massas pulverulentas de coloração amarelo-alaranjada, formadas pelos uredosporos do fungo. Ocorre a desfolha prematura, redução na área fotossinteticamente ativa com conseqüente morte dos ramos laterais, afetando o florescimento, o pegamento dos frutos e a produção no ano seguinte, com redução de 30%, em média na produção (CHALFOUN ZAMBOLIM, 1985; ZAMBOLIM, MARTINS & CHAVES, 1985; GODOY BERGAMIM FILHO & SALGADO, 1997).

Dentre as condições ambientais para o desenvolvimento da doença, destacam-se temperaturas na faixa de 20 a 24°C com presença de água para a germinação dos esporos, chuvas freqüentes e sombreamento, espaçamentos mais adensados, adubação e tratos culturais inadequados (MATIELLO, 1991). A carga pendente é de suma importância no controle da ferrugem. A maior incidência é relacionada às lavouras com alta carga pendente (SILVA-ACUNÃ, 1985, CARVAHO, 1991). ZAMBOLIM, MARTINS & CHAVES (1985) sugerem ser este fato responsável por um desequilíbrio de nutrientes nas folhas, com conseqüente migração destes, para os frutos, tornando os cafeeiros mais susceptíveis à doença.

Um ponto importante para o início da epidemia de ferrugem nos cafezais é a alta densidade de hospedeiros susceptíveis. Nas grandes áreas, ou mesmo em regiões com plantio de variedades susceptíveis, como o “Catuaí”, o desenvolvimento da doença é favorecido, pois o potencial de inóculo será

maior e a disseminação será facilitada entre as lavouras (CHALFOUN, 1997; CARVALHO & CHALFOUN, 1998).

Para o monitoramento da ferrugem do cafeeiro, recomenda-se coletar de cinco a dez folhas por planta, do terceiro ou quarto par, no terço médio da planta. Deve-se contar o número de folhas com ferrugem e calcular a incidência. A incidência mostra o progresso da doença na lavoura (CARVALHO & CHALFOUN, 1998). O terço médio de cada planta é o indicado para a coleta das amostras, nessa posição, em geral, ocorre a maior incidência do fungo (LIMA, 1979).

Segundo PEREIRA *et al.* (2002), Os parâmetros utilizados para a quantificação da ferrugem são:

- Intensidade de ferrugem por folha – refere-se ao percentual médio da área foliar ocupada com os soros uredosporíferos. A avaliação da intensidade de ferrugem na folha é feita com o auxílio da escala diagramática proposta por KUSHALALA E CHAVES em 1978;
- Número de pústulas esporuladas por folha – corresponde aos valores médios referentes ao total de pústulas esporuladas por folha, sem considerar os tipos de reação depois de determinado período após a inoculação.

A curva de progresso da doença é a melhor representação da epidemia, porque caracteriza as interações entre patógeno, hospedeiro e ambiente, além de permitir avaliação de estratégias de controle, previsão de níveis futuros de doença e quantificação da doença no campo por meio do cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (BERGAMIN FILHO, 1995).

Em trabalhos sobre a epidemiologia da ferrugem do cafeeiro, BOCK (1962), sugere que os fatores ambientais mais importantes, depois da temperatura, que condicionam a ocorrência da doença são: distribuição e intensidade de chuvas, quantidade de inóculo residual existente no fim da estação seca e grau de enfolhamento da árvore no decorrer da estação chuvosa.

A temperatura afeta a germinação de uredósporos de *H. vastatrix*, sendo ótimo a 22° C, enquanto que abaixo de 15° C e acima 28,5° este processo é inibido. O alongamento do tubo germinativo com a temperatura até 30° C. Isto mostra que a temperatura adversa à germinação pode não ser a

mesma para o processo germinativo, uma vez iniciado. O período de incubação (germinação ao aparecimento dos sintomas) e o período latente (germinação ao aparecimento dos sinais) variam de 29 a 62 dias e de 38 a 70 dias respectivamente. A luz inibe tanto a germinação como o crescimento do tubo germinativo dos uredósporos da ferrugem do cafeeiro. Portanto, as condições favoráveis ao processo germinativo ocorrem durante a noite. O vento é o mais importante agente de disseminação da doença a longas distâncias. A curtas distâncias, a chuva tem papel primordial (ZAMBOLIM *et al.*, 2005)

Analisando o progresso da ferrugem do cafeeiro no campo, em Viçosa na Zona da Mata de Minas Gerais, no período de outubro de 1977 a setembro de 1978, KUSHALAPPA & CHAVES (1980) verificaram que a intensidade da ferrugem, estimada pela proporção de folhas com sintomas, número de pústulas por folha e porcentagem de área foliar lesionada, foi baixa em novembro e alta em janeiro e março.

Estudando a incidência da ferrugem em duas regiões distintas do estado de Minas Gerais (Alfenas e Jacutinga no Sul de Minas e Ponte Nova na Zona da Mata), nos anos de 1973 a 1978, SOUZA (1980), concluiu que incidências máximas ocorreram nos meses de maio a julho no Sul de Minas, e maio/junho na Zona da Mata.

Estudando a curva de progresso da doença durante dois anos, 1978/1979 e 1979/1980, em Ponte Nova na Zona da Mata mineira, AKUTSU (1981), observou, para os dois anos, que a incidência foi baixa no início da epidemia, setembro/dezembro, e começou a aumentar em meados de janeiro, atingindo a incidência máxima em meados de maio e março, para os anos de 1978/1979 e 1979/1980, respectivamente.

Em estudos desenvolvidos por SILVA-ACUNÃ *et al.* (1998) sobre a epidemiologia da ferrugem do café do cerrado, na região do Triângulo Mineiro, Patrocínio - MG, analisando a incidência de folhas infectadas, observou-se que a doença atingiu seu ponto máximo na terceira semana de junho para o ano de 1992, e na última semana de maio para os anos de 1993 e 1994. O comportamento sazonal da doença foi similar nos três anos agrícolas. A partir de janeiro, houve aumento gradativo na taxa de progresso da doença, atingindo o ponto de máxima entre maio e junho. Após a colheita dos frutos,

houve um ponto de inflexão da curva, atingindo o valor mínimo entre outubro e dezembro e, a partir desse último, reiniciando o ciclo.

O mesmo estudo, realizado em Teixeira, Zona da Mata de Minas Gerais, mostrou, para o ano de 1992, o ponto máximo da doença na última semana de junho. Em 1993, ocorreram baixos níveis da doença durante o ano, atingindo o ponto máximo com 2% de folhas na primeira semana de maio. Para 1994, a sazonalidade da doença apresentou ponto máximo na segunda semana de junho. Nesse estudo, para os anos de 1992 e 1994 a flutuação sazonal da doença em Teixeira teve praticamente o mesmo padrão (SILVA-ACUNÃ, 1996).

A época crítica, de maior intensidade da ferrugem em cafeeiros compreende os meses de dezembro a junho. A curva de progresso da ferrugem em grande parte das regiões produtoras de café do Brasil segue praticamente o mesmo padrão, ou seja, a doença nos anos agrícolas de alta produção em lavoura adulta inicia-se em dezembro-janeiro, coincidindo com o período chuvoso, de março a abril, aumenta em escala logarítmica até atingir o pico em junho, para depois decrescer, a partir daí, devido à queda de folhas provocada pela colheita, à senescência natural e à própria doença. Pode haver casos em que o clima retarda o início da epidemia de ferrugem e o pico é deslocado para agosto ou setembro (ZAMBOLIM *et al.* 1997).

### **2.5.2. Cercosporiose do cafeeiro (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke)**

A cercosporiose ou mancha-de-olho-pardo é uma das doenças mais antigas do cafeeiro. No campo, quando ocorre alta intensidade da doença, podem ocorrer perdas de até 30% na produção, principalmente em lavouras com nutrição deficiente e/ou desequilibrada (TALAMINI, 1999).

Esta doença causada pelo fungo *Cercospora coffeicola* (Berk & Cooke), tem ampla distribuição geográfica. Afeta folhas e frutos e dissemina-se, na lavoura, por meio de insetos e água da chuva ou de irrigação (CALDAS, 2001). Em razão da alta eficiência do controle químico da ferrugem, nos últimos anos, têm-se observado maior incidência e severidade da mancha-de-olho-pardo no cerrado brasileiro, onde são freqüentes a alta insolação e deficiência

nutricional devido à alta produtividade encontrada nas lavouras irrigadas (JULIATTI & SILVA, 2001).

Em lavouras adultas, as folhas caem rapidamente e os ramos laterais secam. Nos frutos, ocorre frequentemente a partir da fase de granação até o amadurecimento. Os frutos afetados aceleram o processo de maturação, caindo antes da colheita e aumentando a porcentagem de grãos chochos, o que reduz a produção e o rendimento e deprecia o tipo e a qualidade da bebida (LEGUIZAMON, 1997).

Com a expansão da cafeicultura para as áreas de solos de baixa fertilidade natural do cerrado e o plantio de cultivares de alta capacidade produtiva, a doença tem sido mais severa, principalmente nas três primeiras safras (JULIATTI, 2001).

Dentre os fatores que favorecem a mancha-de-olho-pardo, destacam-se: a ausência de genótipos resistentes ao patógeno, baixa temperatura, de 10 a 25 °C, excesso de insolação, ventos frios, nutrição deficiente ou desequilibrada, alta umidade e deficiência hídrica severa (LEGUIZAMON, 1997 e ZAMBOLIM *et al.*, 1997).

Segundo CHAVES FILHO (1987), em cafezais com adubações equilibradas, mesmo que ocorra condição favorável ao desenvolvimento da doença não ocorrem danos econômicos.

Em plantas de café cultivadas a pleno sol e sujeitas a períodos de seca prolongados, os danos são mais expressivos, principalmente em solo com baixa capacidade de retenção de água. A falta de umidade no solo pode condicionar a planta à menos absorção de nutrientes, tornando-a mais debilitada e suscetível à infecção pelo fungo (ECHANDI 1959).

Em relação à umidade, os conídios de *Cercospora coffeicola* necessitam da presença de uma camada fina de água sobre a superfície da folha para que ocorra a germinação e se inicie o processo de esporulação do fungo, o que geralmente ocorre a uma umidade relativa em torno de 92% (QUESADA, 1950; ECHANDI, 1959). Os conídios são formados principalmente à noite, em dias frios e nublados, sendo disseminados pelo vento e pela água de chuva ou irrigação (ZAMBOLIM *et al.*, 1997).

## **2.6. Irrigação x ferrugem x cercosporiose**

Em trabalho desenvolvido por CARVALHO *et al.* (1998) no ano agrícola de 1997/1998, sobre o impacto de diferentes sistemas de irrigação e lâminas de água na incidência da ferrugem do cafeeiro, observou-se que as parcelas irrigadas por gotejamento obtiveram menor incidência. A maior incidência da ferrugem ocorreu nos meses de julho a agosto, com ponto de máximo em julho, e na área irrigada com pivô central, a ferrugem apresentou comportamento cíclico, provavelmente devido ao maior período de molhamento foliar e a mudanças no padrão vegetativo das plantas.

Em trabalho conduzido por quatro anos em Araguari, JULIATTI (2001), concluiu que a evolução da incidência e severidade de cercosporiose em cafeeiro depende da época de avaliação e das lâminas d'água aplicadas, não sendo influenciada pelo sistema de irrigação, ao contrário da ferrugem que é afetada pelo sistema e pela lâmina de irrigação.

Trabalhando com Acaiá Cerrado MG 1474 susceptível á ferrugem e à cercosporiose, TALAMINI (1999), constatou que o parcelamento da adubação e as diferentes lâminas de irrigação não influenciaram no surgimento de ferrugem. De acordo com CHALFOUN (1997), embora a ferrugem possa infectar o cafeeiro em todas as idades, a intensidade da doença é baixa em plantas novas, que ainda não entraram em produção. Somente depois que a planta obteve sua primeira alta carga pendente de frutos, foi que observou-se um ligeiro aumento da taxa de progresso da doença. Já à cercosporiose também não foi influenciada pelos diferentes parcelamentos de adubação, mas sim pelas diferentes lâminas de irrigação. Segundo CARVALHO e CHALFOUN (1998), a deficiência hídrica provoca à má absorção de nutrientes, que é uma das principais causas da elevada intensidade da cercosporiose.

Trabalhando com avaliações de incidência da ferrugem em cafeeiro irrigado por diferentes sistemas na cidade de Araguari, no Triângulo Mineiro, onde ocorre déficit hídrico para a cultura do café, CARVALHO (1998), observou que o aumento da lâmina de água utilizada na irrigação por gotejamento diminuiu a incidência da ferrugem. Já segundo TALAMINI (1999), o sistema de irrigação conhecido por gotejamento distribui água de forma localizada, portanto não favorece a disseminação e a infecção de *H. vastatrix*.

A lâmina de água influencia a incidência da cercosporiose. Trabalhos realizados por TALAMINI (1999) E SOUZA JR. (2002) confirmaram esta hipótese. Segundo esses autores, os tratamentos que receberam as menores lâminas de irrigação foram os que tiveram maior incidência da doença, o mesmo ocorrendo com os tratamentos não irrigados.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Área experimental**

O experimento foi conduzido na Fazenda Vista Alegre, município de Jaboticatubas – MG, situada a 19°30' S, 43°44' W e 700 metros de altitude. A fazenda é uma das pioneiras em cafeicultura irrigada de larga escala no Brasil e possui uma área total de 700 ha, sendo 300 ha de café irrigado por pivô central e gotejamento, equipamentos, estes, que foram instalados em 1986.

A vegetação da região é classificada como fase cerrado e o solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (LV).

A área experimental, conhecida como parcela do “Eucalipto”, possui 27 ha subdivididos em três subparcelas de 9 ha cada, sendo que o espaçamento entre plantas é de 0,5 m e entre fileiras 3,5 m. Cada fileira de café possui uma linha de tubogotejador com vazão de 2,2 L.h<sup>-1</sup>, com gotejadores espaçados em 0,5 m.

O café dessa parcela foi plantado no ano 2000 e a variedade utilizada é o Catuaí vermelho, cv. IAC 144, que apresenta porte baixo, susceptibilidade à ferrugem e ótima qualidade de bebida.

A escolha do local baseou-se na qualidade das informações existentes (banco de dados). Mensalmente foram realizadas as coletas de folhas para monitoramento da incidência e severidade das doenças no experimento.

A área do experimento, inserida dentro da parcela do Eucalipto, possui uma área aproximada de 0,45 ha e é constituída por 14 fileiras, sendo 4 úteis e 10 de bordaduras, duas entre cada fileira útil.

### 3.1.1. Delineamento experimental

O delineamento do experimento foi em blocos casualizados (DBC) com parcelas subdivididas.

O experimento consistiu de seis tratamentos (lâminas d'água) e quatro repetições. Cada parcela com 30 plantas, sendo consideradas úteis às vinte plantas centrais de cada parcela e as outras 10 sendo bordadura, ou seja, cinco em cada extremidade. Cada parcela tem 15 metros e cada bloco 90 metros de comprimento. Quando subdividida as subparcelas passaram a ter 7,5 m.

A disposição dos tratamentos e as lâminas aplicadas foram estabelecidas de forma a facilitar o manejo da irrigação durante todo período do experimento e em função da disponibilidade de modelos de gotejadores encontrados no mercado. As diferentes lâminas correspondentes aos 6 tratamentos foram obtidas utilizando-se gotejadores de 0 L.h<sup>-1</sup>, 1.35 L.h<sup>-1</sup>, 1.6 L.h<sup>-1</sup>, 2.2 L.h<sup>-1</sup>, 1.35 + 1.6 (2.95) L.h<sup>-1</sup>, 1.6 + 1.6 (3.2) L.h<sup>-1</sup>, da marca Plastro Hydro P.C (Pressão Constante), com faixa de pressão recomendada de 0.8 a 3.5 bar, sendo os tratamentos descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Porcentagem das lâminas de irrigação de acordo com a vazão x número de gotejadores por metro dividido pelo espaçamento entre as linhas laterais

Material	% Lâmina*	Tratamento	Vazão L.h <sup>-1</sup>	Espaçamento Gotejadores	Got./metro	mm/h
Plastro	0%	1	0	0	0	0

Plastro	51%	2	1,35	0,60	1,67	0,64
Plastro	72%	3	1,60	0,50	2,00	0,91
Plastro	100%	4	2,20	0,50	2,00	1,26
Plastro	124%	5	1,35 + 1,6	0,6/ 0,5	1,67/ 2,00	1,56
Plastro	145%	6	1,6 + 1,6	0,50	2,00	1,83

\* Lâmina de 100% recomendada pelo irriga em relação ao déficit hídrico diário.



### 3.1.3 “Layout” da área experimental no período de janeiro a setembro de 2005

No período de janeiro a setembro de 2005 o experimento no campo foi subdividido e tinha a seguinte configuração:

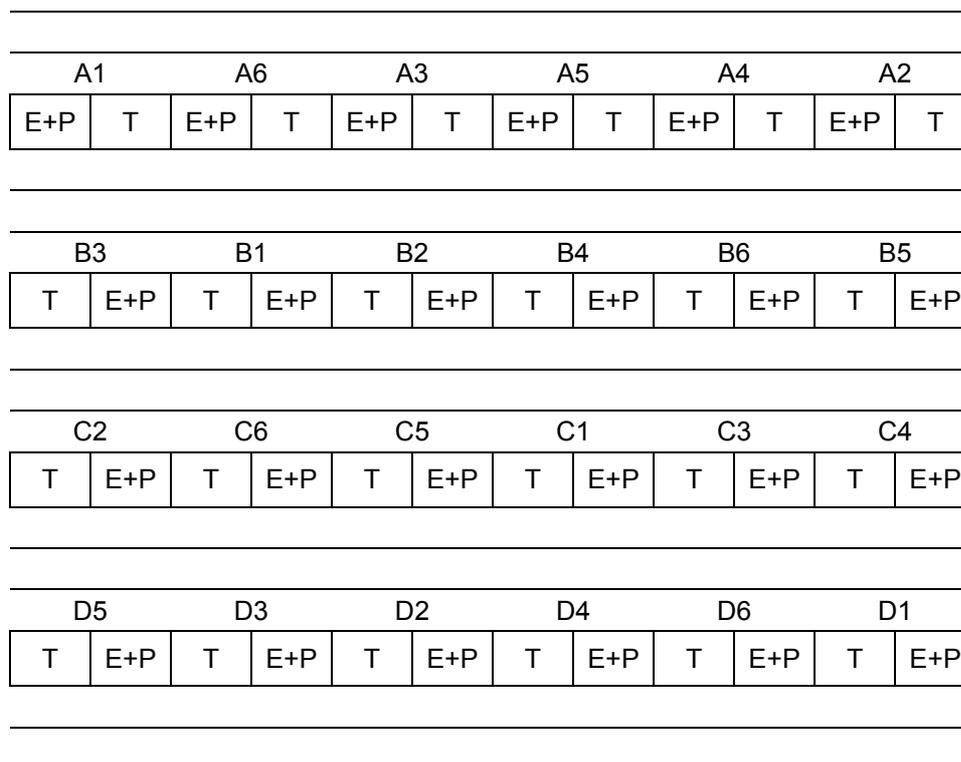


Figura 3 – Croqui da área experimental, com os respectivos tratamentos (T = testemunha e E+P = tratamento com aplicação de fungicida de princípio ativo epoxiconazole + piraclostobina), após a subdivisão das parcelas para a aplicação do fungicida opera. O espaçamento entre ruas é de 3,5 m e entre plantas de 0,5 m, sendo que cada tratamento tem 7,5 m.

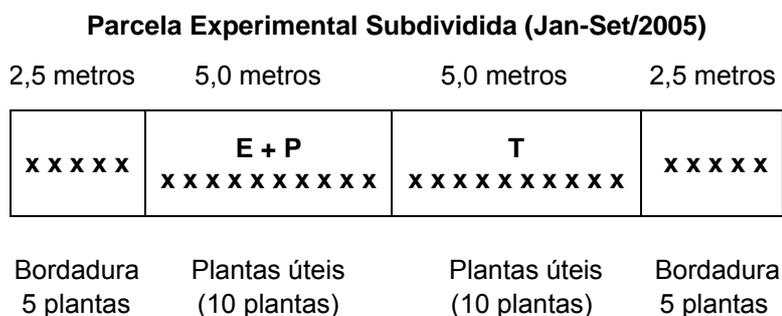


Figura 4 – Esquema da parcela experimental subdividida, correspondente ao período de janeiro a setembro de 2005.

### **3.2. O manejo da Irrigação**

Os dados meteorológicos necessários para o manejo da irrigação foram obtidos de uma estação meteorológica automática, modelo Micrometos, instalada próxima à área experimental, com sensores de temperatura, umidade relativa, velocidade de vento, radiação solar, horas de sol e precipitação. Os dados foram medidos a cada 12 minutos e registrados a cada hora, e, posteriormente, convertidos em médias diárias.

O manejo da irrigação foi realizado através do balanço hídrico diário do solo calculado pelo IRRIGA-GESAI. Foram utilizados dados diários da estação meteorológica automática para cálculo da lâmina de irrigação através do cálculo da evapotranspiração da cultura de referência.

O gráfico de simulação de umidade do solo é uma ferramenta importante, pois permite um acompanhamento diário do comportamento da umidade do solo de acordo com as irrigações realizadas.

#### **3.2.1. Coeficiente de uniformidade da Irrigação**

O conhecimento do coeficiente de uniformidade é de extrema importância, principalmente quando todos os outros fatores estão entrelaçados no processo.

A penalização das perdas por evaporação e arraste pelo vento se dá no cálculo da lâmina bruta de irrigação, que leva em conta a eficiência do equipamento de irrigação.

Como não houve fertirrigação no experimento, foi feita uma avaliação da uniformidade do sistema de irrigação na implantação (setembro 2004) e outra na última coleta de dados (setembro 2005). Utilizando-se a metodologia proposta por KELLER e KARMELI (1975), modificada por DENÍCULI *et al.* (1980), que consiste na coleta da vazão dos gotejadores em oito plantas ao longo da linha lateral e em quatro linhas laterais ao longo da linha de derivação.

Conhecendo a vazão dos gotejadores, pode-se calcular a uniformidade de distribuição do sistema, por meio de várias equações. O uso da equação de Christiansen permite a obtenção de resultados bastante confiáveis:

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum |q_i - \bar{q}|}{n \cdot \bar{q}} \right) \quad \text{Equação (5)}$$

Em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

$q_i$  = vazão de cada gotejador ( $L \cdot h^{-1}$ );

$\bar{q}$  = vazão média dos gotejadores ( $L \cdot h^{-1}$ );

$n$  = número de gotejadores.

### 3.2.2. Cálculo da lâmina bruta de irrigação

A lâmina bruta de irrigação, então, será calculada por:

$$L_{Bruta} = L_{Líquida} / E_{\text{eficiência}} \quad \text{Equação (6)}$$

Em que:

$L_{Bruta}$  = Lâmina bruta (mm);

$L_{Líquida}$  = Lâmina líquida ( $ET_0 \cdot kc \cdot ks \cdot kl$ ) em mm;

$E_{\text{eficiência}}$  = decimal (CUC/100).

### 3.3. Adubação e tratos culturais

Um cavalete individual isolou a área do experimento, de forma que não permitiu a realização de nenhuma fertirrigação no período que durou a pesquisa. As adubações com macro e micronutrientes foram realizadas normalmente, de acordo com o calendário da fazenda (setembro a dezembro), via trator e nas mesmas proporções para todos os tratamentos.

Os tratos culturais foram normais durante o período da pesquisa e, com exceção da ferrugem e cercóspera, todas as outras doenças e pragas tiveram tratamento compatível, com aplicação via foliar para todas as parcelas.

Para o experimento foi utilizado o Opera, que é um fungicida sistêmico e tem como princípio ativo o epoxiconazole + piraclostobina (E+P), pertencente ao grupo dos triazóis e das estrobilurinas.

No caso da ferrugem e da cercóspora, as atomizações com epoxiconazole + piraclostobina (E+P), ocorreram em janeiro e março de 2005, aplicados, na propriedade, sempre preventivamente duas vezes ao ano. As aplicações ocorreram somente na metade das parcelas úteis, ficando sempre a outra metade como testemunha.

Na primeira aplicação, dia 06/01, foi aplicada a dose de 0,80 L/ha e na segunda aplicação, dia 23/03, uma dose de 1,12 L/ha.

### **3.4. Metodologia para avaliação de incidência e severidade da cercosporiose e da ferrugem**

As plantas nas parcelas foram amostradas mensalmente de acordo com a seguinte metodologia:

Método de amostragem: coletou-se ao acaso no terço médio da planta, folhas entre o 3º ou 4º par de folhas do ramo, nas plantas úteis da parcela, totalizando 200 e 100 folhas por parcela e subparcela, respectivamente.

Para o monitoramento da incidência e severidade da cercosporiose e da ferrugem, procurou-se realizar as avaliações uma vez ao mês, procurando evitar extrapolar o intervalo de 30 dias, quando possível.

Posteriormente, quando as parcelas foram divididas em subparcelas, ou seja, o experimento passou a ter 48 subparcelas, uma testemunha, sem aplicação de (E+P) e outra com aplicação de (E+P). Então, em cada subparcela foram coletadas 50 folhas de cima e 50 folhas de baixo, perfazendo um total de 100 folhas por subparcela e 200 folhas por parcela.

#### **3.4.1. Avaliação de Incidência da cercosporiose e da ferrugem**

Para avaliar a incidência da doença, contou-se o número de folhas com presença das lesões e dividiu-se pelo número total de folhas avaliadas, segundo a equação:

$$I(\%) = NFCF / NTF * 100$$

Equação (7)

Em que:

$I(\%)$  = Incidência em porcentagem;

$NFCF$  = Número de folhas com ferrugem;

$NTF$  = Número total de folhas.

### 3.4.2. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD)

Após a obtenção dos dados, foram plotadas as curvas de progresso da doença para a incidência. A partir das curvas de progresso da doença, calculou-se a AACPD por meio da equação proposta por CAMPBELL E MADDEN (1990):

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

Equação (8)

Em que:

$AACPD$  = Área abaixo da curva de progresso da doença;

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

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

$n$  = Número total de observações.

### 3.5. Avaliação da produtividade

Para avaliação da produtividade, foram colhidos, individualmente, os frutos das dez plantas centrais, determinando-se o volume de frutos (litros) produzidos por planta. Posteriormente foi retirada uma subamostra de 3 L de café cereja por repetição, que foi seca e beneficiada. Em seguida determinou-se a produtividade em sacas  $ha^{-1}$ .

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. O solo

As análises texturais das amostras de solo da área experimental foram realizadas nos Laboratórios de Física e de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da UFV.

Na camada de 0 a 20 cm, a capacidade de campo, o ponto de murcha e a densidade aparente do solo da área experimental é 34,9%, 19,8% e 0,97 g. cm<sup>-3</sup>, enquanto na camada de 20 a 60 cm, 37,1%, 21,6% e 0,92 g. cm<sup>-3</sup>, respectivamente (NETO 2002).

A análise granulométrica do solo mostrou a seguinte relação: 65% de argila, 12% de areia e 23% de silte (NETO 2002).

Os resultados apresentados na Tabela 3, referentes à análise química, foram utilizados como ponto de partida para as recomendações das adubações.

Tabela 3 - Resultado da análise química do solo (rotina de fertilidade) realizada no início do experimento, em setembro de 2004

Prof. (cm)	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	CTC	V	m
		-----mg/dm <sup>3</sup> -----		-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----				-----%-----		
0-20	5,3	2,8	120	1,4	1,2	5,94	2,91	8,85	33	29

SB = soma de bases, CTC = capacidade de troca catiônica, V = saturação de bases e m = saturação de alumínio

#### 4.2. Uniformidade da irrigação

O valor mínimo de CUC adotado como referência para sistemas de irrigação localiza por gotejamento é de 90%, isto quer dizer que 90% da área está recebendo a lâmina desejada e 10% está recebendo lâmina maior ou menor à projetada.

Observa-se na Tabela 4, que todos os tratamentos tiveram coeficiente de uniformidade acima de 90%, atribuídos, principalmente ao fato de não ter sido realizada fertirrigação.

Tabela 4 – Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) dos tratamentos em setembro de 2004 e setembro de 2005

Tratamentos	Setembro 2004 (CUC)	Setembro 2005 (CUC)	CUC Médio
T1	-	-	-
T2	93,79%	93,05%	93,42%
T3	95,18%	94,55%	94,86%
T4	95,65%	95,00%	95,33%
T5	95,85%	95,35%	95,60%
T6	96,21%	95,77%	95,99%

Fonte: Dados gerados no relatório do módulo "AVALIA" do IRRIGA-GESAI

#### 4.3. Caracterização climática

Para a caracterização climática no local da pesquisa foram utilizados dados da estação meteorológica automática da fazenda.

O regime térmico possui uma oscilação anual com valores médios variando de 17,6 °C e 23,7 °C que, segundo DaMATTa & RENA (2002) e

MATIELLO *et al.* (2002), são adequados e estão dentro dos limites aceitáveis para o bom desenvolvimento da cultura do café.

Tabela 5 – Dados mensais de temperatura média (T<sub>méd.</sub>, °C), umidade relativa média (UR, %), velocidade do vento (V<sub>v</sub>, m.s<sup>-1</sup>), precipitação (Ppt, mm) e radiação (W.m<sup>-2</sup>) coletados da estação meteorológica automática da fazenda Vista Alegre, no período de setembro de 2004 a setembro de 2005

Mês	Variáveis Climáticas					
	T <sub>méd</sub> (°C)	UR (%)	V <sub>v</sub> (m.s <sup>-1</sup> )	Ppt (mm)	Rad. (W.m <sup>-2</sup> )	ET <sub>0</sub> (mm)
Ago./2004	21,2	59,7	0,6	0	275	3,6
Set./2004	21,5	59,9	0,6	0	297	4,6
Out./2004	23,7	66,8	0,7	24	253	4,0
Nov./2004	22,6	73,5	0,6	116	264	4,7
Dez./2004	23,7	72,3	0,4	348	223	3,9
Jan./2005	23,1	76,8	0,4	103	244	4,1
Fev./2005	22,8	74,8	0,3	175	275	4,6
Mar./2005	22,2	75,2	0,2	338	231	3,8
Abr./2005	19,5	73,3	0,1	14	242	3,6
Mai./2005	18,2	72,3	0,2	63	199	2,5
Jun./2005	17,6	70,1	0,1	0	196	2,1
Jul./2005	19,3	66,2	0,3	17	214	2,3
Ago./2005	21,4	59,7	0,4	0	251	3,3
Set./2005	21,4	59,9	0,6	135	229	3,6
Média	21,3	68,6	0,4	1333	242.4	3,6

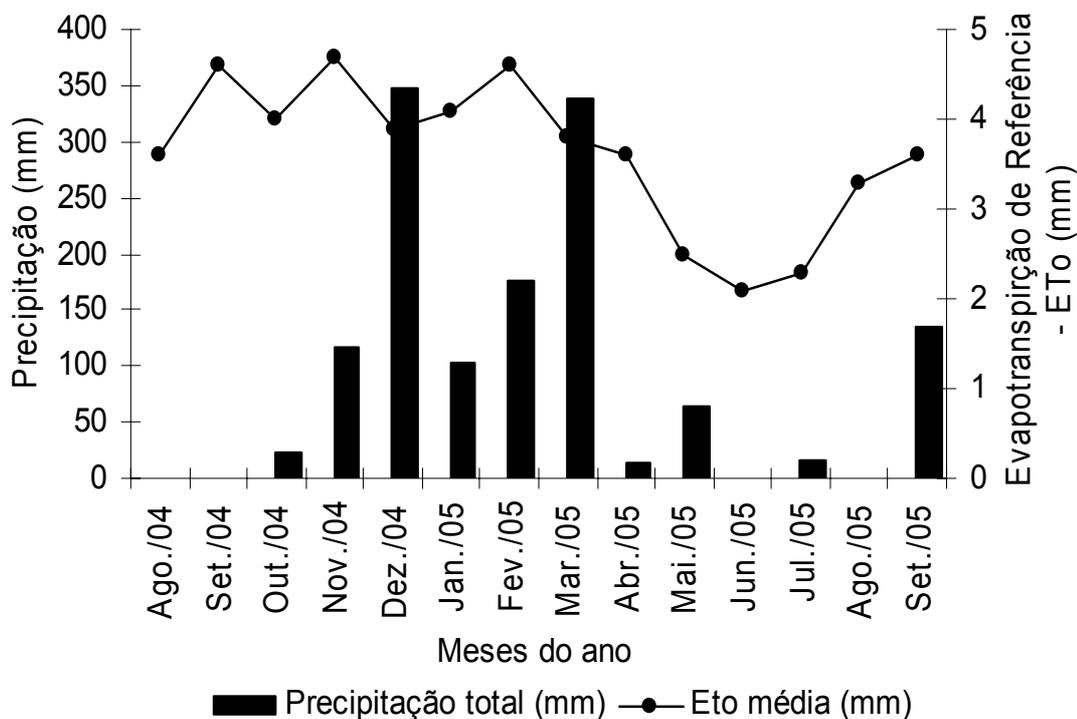


Figura 5 – Valor médio mensal de precipitação pluvial (mm) e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>, mm), para o período agrícola de setembro de 2004 a setembro de 2005, na Fazenda Vista Alegre, Jaboticatubas – MG.

Em relação à precipitação, percebe-se, pela Tabela 5, uma maior concentração no período que vai de novembro a março, sendo que 80% da distribuição de chuvas foi nesse intervalo.

Na Figura 5, verifica-se que a distribuição da precipitação ocorre de forma bem peculiar, caracterizando duas épocas distintas, estação chuvosa e estação seca. Em dezembro, registrou-se a maior média mensal de precipitação acumulada (348,15 mm).

Em relação à evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), observa-se que, ao longo do ano, a marcha acompanha a distribuição da precipitação e a variação da temperatura (Tabela 5), alcançando oscilações de 4,63 a 2,12 mm dia<sup>-1</sup>, sendo que os valores de máxima e de mínima ocorrem nos meses de fevereiro e junho, respectivamente.

#### 4.4. O manejo da irrigação

As irrigações foram realizadas de acordo com o consumo de água pela cultura (evapotranspiração), com turno de rega variável. Na Tabela 6 são apresentados a soma das irrigações realizadas durante o período da pesquisa (setembro/2004 a agosto/2005).

Tabela 6 – Tratamentos, % lâminas, evapotranspiração potencial da cultura (ET<sub>pc</sub>), evapotranspiração potencial da cultura (ET<sub>c</sub>), e soma total das irrigações realizadas de setembro de 2004 a agosto de 2005

Tratamentos	%Lâmina	ET <sub>pc</sub>	ET <sub>c</sub> (mm)	Irrigações (mm)
1	0	826	656	0
2	51	826	807	546
3	73	826	824	781
4	100	826	826	1070
5	124	826	834	1327
6	145	826	835	1552

Na instalação do experimento (agosto/2004) foi feita uma amostragem do solo para a calibração de sua umidade junto ao programa, e, durante o

experimento, no mês de maio, foi realizada outra amostragem. A verificação desses valores é importante para evitar a dispersão desses valores. De qualquer modo, a diferença entre a umidade determinada no campo (método-padrão de estufa) e a fornecida pelo IRRIGA-GESAI não ultrapassou a 1%.

É importante ressaltar que esses gráficos de evolução da umidade do solo são calibradas com os dados de campo e a sua parte cadastral no programa é toda norteada nas análises laboratoriais de caracterização físico-hídrica do solo. Essa simulação que o programa realiza é uma importante ferramenta, pois, permite ao irrigante o acompanhamento diário da variação do comportamento da umidade do solo nas subparcelas.

Nas Figuras 6 a 10 são apresentadas os gráficos de variação da umidade do solo no período de setembro de 2004 a agosto de 2005. Excetuando-se ao tratamento sem irrigação, todos os outros não tiveram período de estresse hídrico, visto que, o objetivo do trabalho foi a variação das lâminas de irrigação, de acordo com a lâmina recomendada para cada dia.

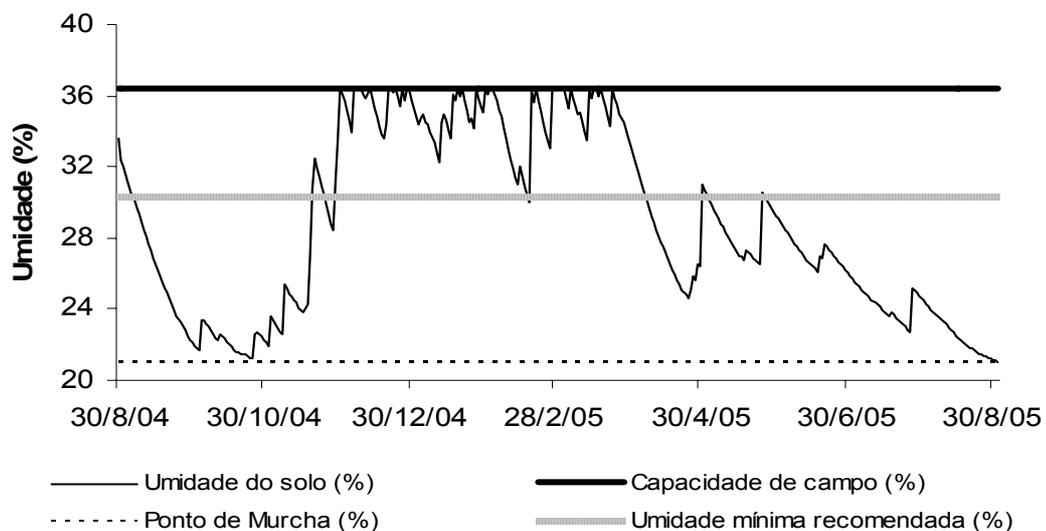


Figura 6 – Gráfico de simulação da umidade do solo para T1 (sem irrigação).

Observa-se, na Figura 6, o longo período de déficit hídrico para o tratamento T1, que só esteve acima da umidade mínima durante o período chuvoso (novembro a março). O principal reflexo da umidade do solo permanecer grande parte do tempo abaixo da umidade mínima recomendada é percebido na produtividade e no desenvolvimento da cultura.

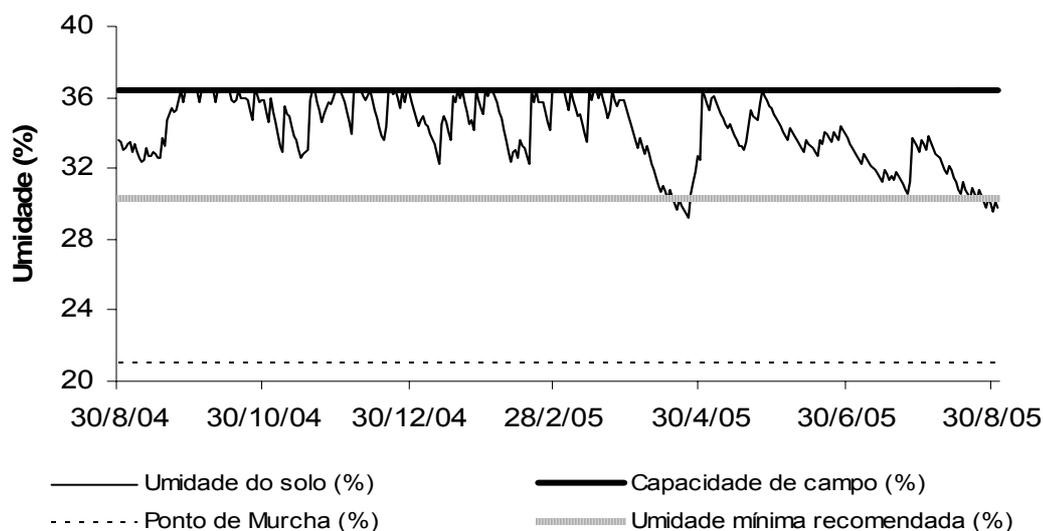


Figura 7 – Gráfico de simulação da umidade do solo para T2 (51%).

Observa-se na Figura 7, que mesmo trabalhando com a lâmina abaixo da requerida (51%), houve uma grande amplitude da umidade do solo compreendida entre a umidade mínima e a umidade de capacidade de campo, sendo que em dois períodos a umidade do solo esteve abaixo da umidade mínima recomendada.

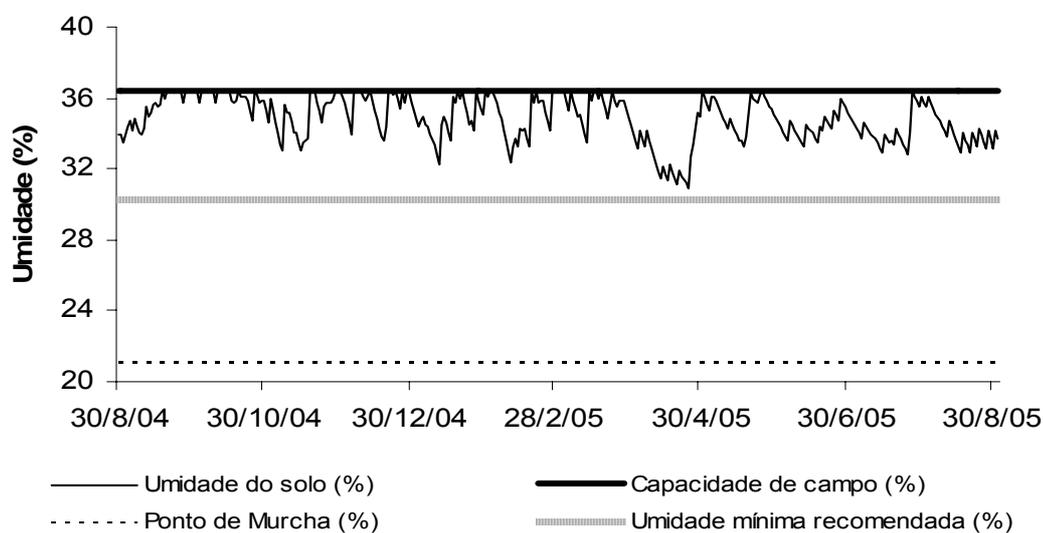


Figura 8 – Gráfico de simulação da umidade do solo para T3 (73%).

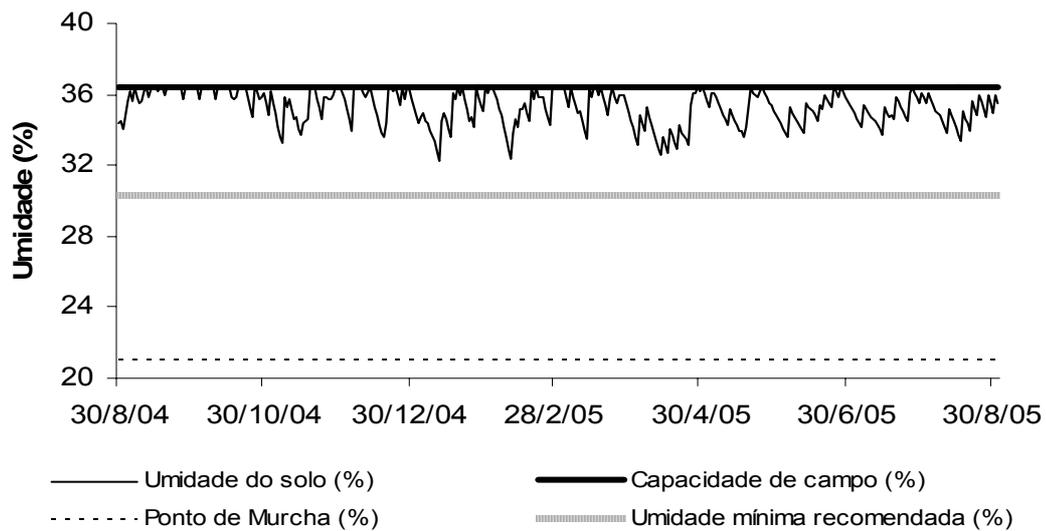


Figura 9 – Gráfico de simulação da umidade do solo para T4 (100%).

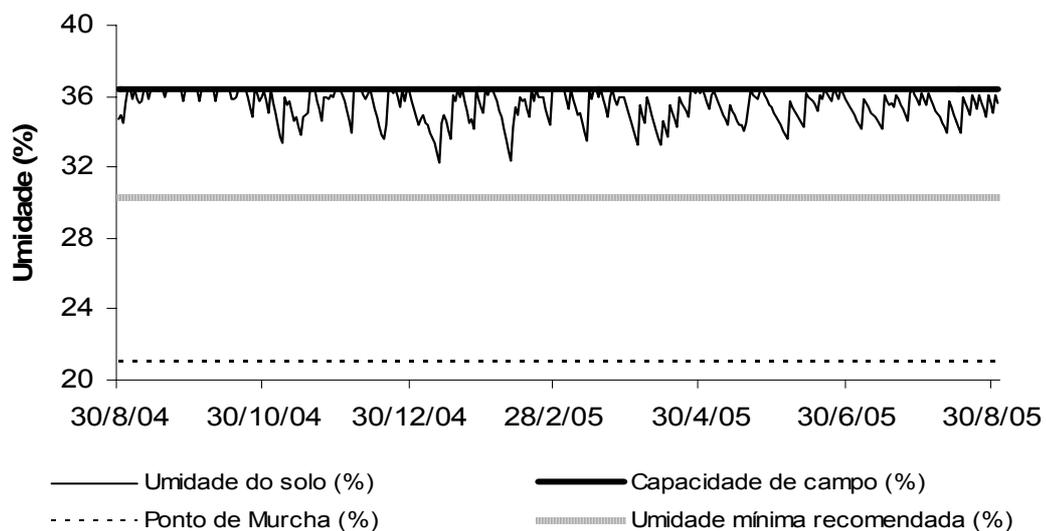


Figura 10 – Gráfico de simulação da umidade do solo para T5 (124%).

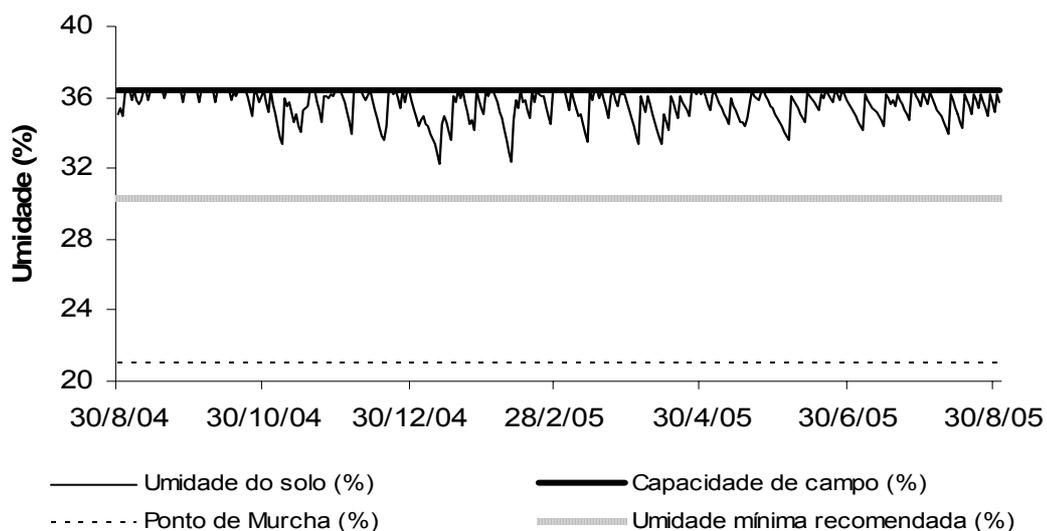


Figura 11 – Gráfico de simulação da umidade do solo para T6 (145%).

Observa-se, para os outros tratamentos (T3 a T6), que a amplitude da variação da umidade do solo entre a umidade mínima recomendada e a umidade de capacidade de campo diminui à medida que se aumentava a lâmina de irrigação e que para esses tratamentos a umidade do solo esteve sempre acima da umidade mínima recomendada, que é a faixa ideal de trabalho. Nota-se, também, que a umidade do solo, principalmente nos dois últimos tratamentos (T5 e T6) está sempre próximo à capacidade de campo, que é uma característica peculiar do sistema de irrigação por gotejamento, ou seja, alta frequência e pequena intensidade.

#### 4.5. Clima x ferrugem x cercosporiose

O desenvolvimento vegetativo do cafeeiro está intimamente relacionado à temperatura, ao déficit hídrico e à carga pendente, uma vez que o crescimento ocorre com maior intensidade na estação quente e chuvosa, com dias mais longos (setembro a março), coincidindo com a fase de expansão e enchimento dos grãos. Na estação fria e seca, com dias mais curtos (abril a agosto) o crescimento é mais lento, embora no mês de julho já se observe uma elevação da temperatura média (Figura 12), estando dentro da faixa ótima compreendida entre 19 e 22° C, considerada por MATIELLO (1991) como apta para a cultura.

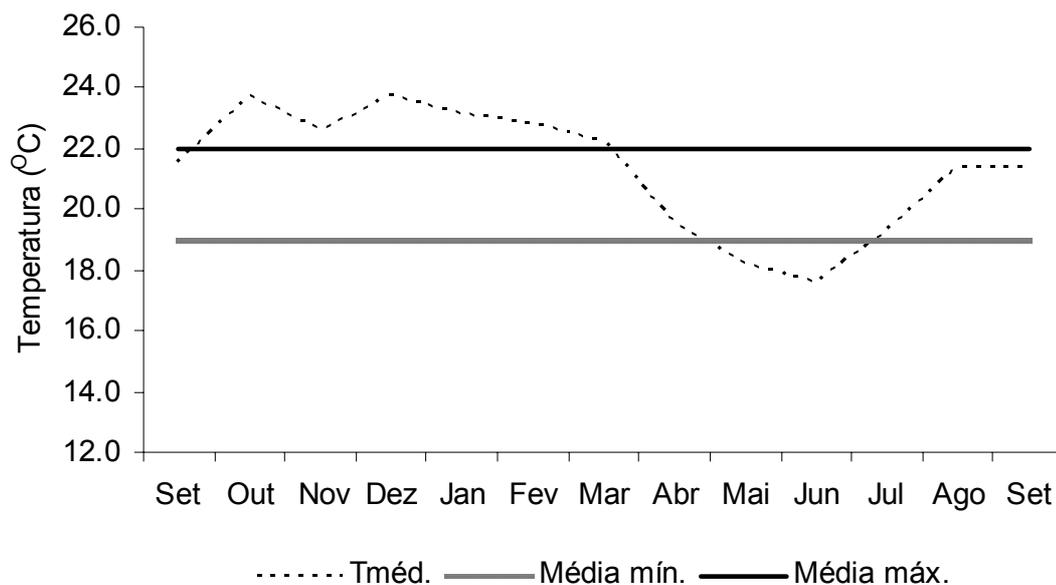


Figura 12 – Temperatura média registrada na estação, temperatura média mínima e máxima apta para o cultivo do café (19 a 22 °C).

Verifica-se na Figura 12, que os únicos meses em que a temperatura média esteve na faixa considerada apta ao cultivo do café (19 a 22° C) ocorreu de julho a setembro de 2005, estando os outros meses nas faixas de temperatura média margina ou inapta. É importante ressaltar que a irrigação tem mudado esse panorama e transformando regiões antes consideradas inaptas, em regiões aptas ao cultivo de diversas culturas, entre elas o cafeeiro.

Tabela 7 – Dados de temperatura e umidade relativa mínima, ótima e máxima para infecção do cafeeiro à ferrugem e à cercosporiose

Doença	Tmín.	Tótima	Tmáx.	URmín.	URótima	URmáx.
Ferrugem	18	22	28	90	95	100
Cercosporiose	10	20	28	90	95	100

Fonte: Banco de dados do IRRIGA-GESAI.

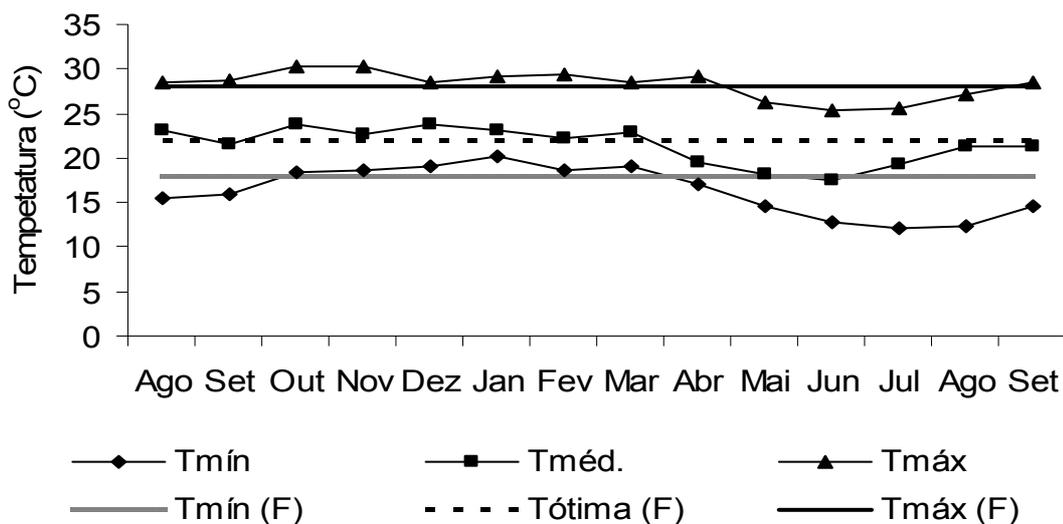


Figura 13 – Temperatura mínima, média, máxima x temperatura mínima, ótima e máxima para a ocorrência da ferrugem (F), Tmín. (F), Tótima (F) e Tmáx. (F), respectivamente.

Observa-se, na Figura 13, que o período de maior predisposição do cafeeiro para infecção por ferrugem, em relação à temperatura, ocorreu no período compreendido de outubro a março.

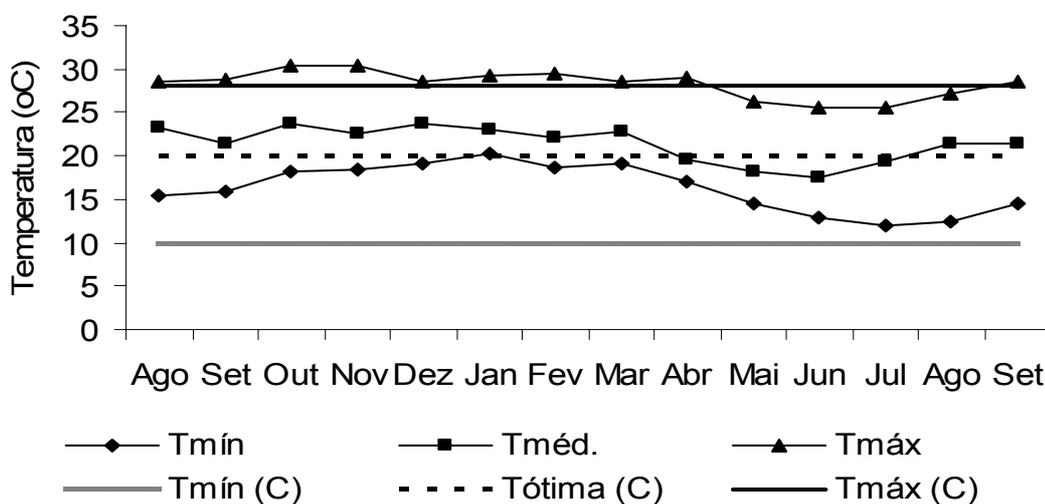


Figura 14 – Temperatura mínima, média, máxima x temperatura mínima, ótima e máxima para a ocorrência da cercosporiose (C), Tmín. (C), Tótima (C) e Tmáx. (C), respectivamente.

Observa-se na Figura 14, que o período de maior predisposição do cafeeiro para infecção por cercosporiose, em relação à temperatura, ocorreu no período compreendido de agosto a março.

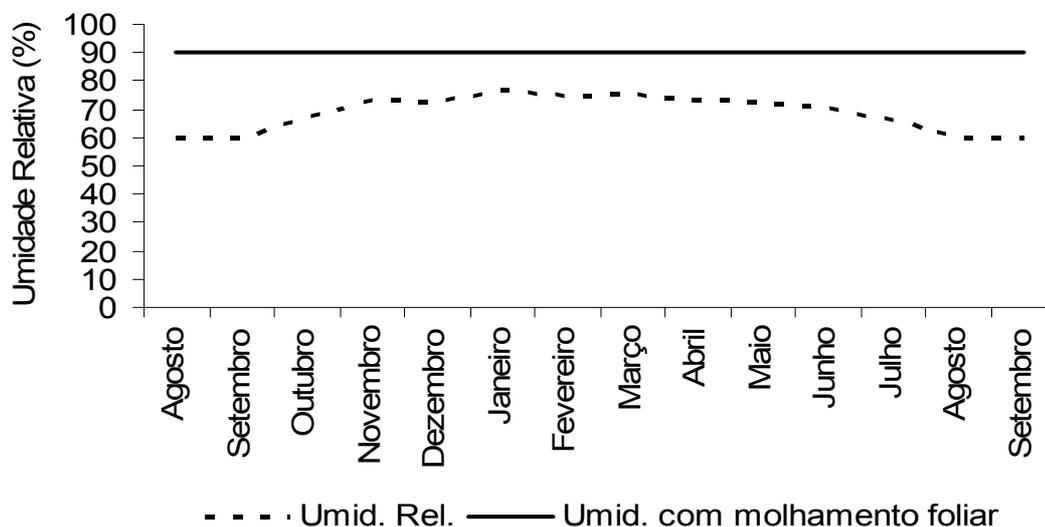


Figura 15 – Umidade relativa média durante o período de agosto de 2004 a setembro de 2005.

A umidade para iniciar a infecção por ferrugem e cercosporiose, segundo a Tabela 7, é de 90%, que dependendo de outros fatores, pode começar também o molhamento foliar. O molhamento e a alta umidade relativa do ar são dois fatores de pré-disposição do cafeeiro à ferrugem e à cercosporiose, respectivamente. Nota-se, pela Figura 15, que a faixa da umidade relativa média do ar na região foi mais alta de novembro a abril. É importante ressaltar que apesar da média mensal permanecer sempre abaixo de 90%, existem médias horárias superiores a esse valor nos meses de novembro a abril que predispõe a planta ao patógeno.

#### 4.5.1. Incidência de ferrugem no ponto de colheita

Diversos estudos em cafeicultura irrigada por gotejamento e não irrigada, nas regiões do cerrado mineiro, têm demonstrado que o pico da doença (incidência máxima de ferrugem) acontece em junho e julho, porém há casos em que o clima retarda esse processo e o pico pode ser deslocado para setembro.

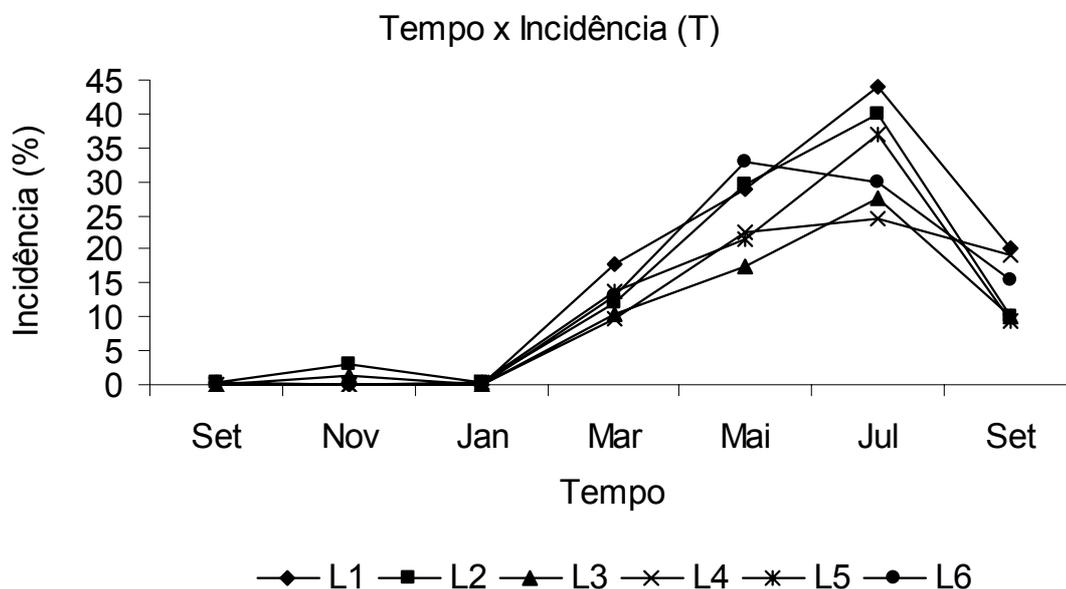


Figura 16 – Incidência de ferrugem para os tratamentos sem o fungicida (T), compreendida entre o período de setembro de 2004 a setembro de 2005.

Observa-se, na Figura 16, que a incidência de ferrugem nos diferentes tratamentos de lâminas de irrigação variou de 24 a 45%. A baixa incidência da doença na colheita (ponto de máximo) nos tratamentos não permitiu discriminar as diferentes lâminas de irrigação. TALAMINI (1999) verificou que o parcelamento da adubação e as diferentes lâminas de irrigação não influenciaram no surgimento de ferrugem. Observou-se, na ausência do fungicida uma grande porcentagem de desfolha, característica típica da doença, que segundo CHALFOUN & CARVALHO (1998) é atribuída à grande produção de etileno no processo de necrose, bastando uma lesão por folha para causar sua queda.

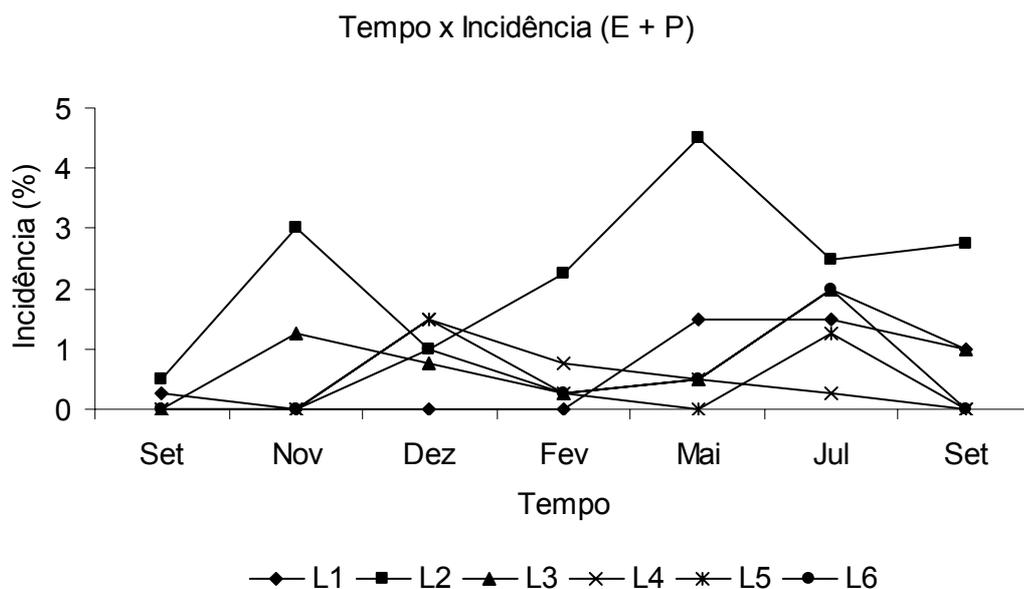


Figura 17 – Incidência de ferrugem compreendida entre o período de setembro de 2004 a setembro de 2005 para os tratamentos com o fungicida (E + P).

Observa-se pela Figura 17, que quando foi aplicado o fungicida (E + P), obteve-se significativa redução na incidência da doença, devido à sua ação protetiva, atuando na inibição da germinação dos esporos, desenvolvimento e penetração dos tubos germinativos nos estômatos. A incidência de ferrugem máxima obtida ficou em torno de 5% para o tratamento 2, que é considerado extremamente muito baixo, portanto, o fungicida foi eficiente no controle da doença.

#### 4.5.1.1. Análise de variância para incidência de ferrugem no ponto de colheita

Tabela 8 – Resumo da análise de variância para a incidência de ferrugem no ponto de colheita nos tratamentos avaliados

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Repetições	3	174,1667	58,05556	0,68	ns
Lâminas	5	566,2500	113,2500	1,32	0,2998
Resíduo (a)	15	1286,583	85,77222		
Fungicida	1	13736,33	13736,33	209,58	0,0000
Fungicida x Lâmina	5	438,9167	87,78333	1,34	0,2927
Resíduo (b)	18	1179,750	65,54167		
C.V. (%) Parcela			50,06		
C.V. (%) Subparcela			43,76		

Observa-se, pela Tabela 8, que não houve interação significativa do fungicida x lâmina de irrigação, significando que os dois fatores atuam independentemente. Observa-se também, que as lâminas de irrigação não influenciaram na incidência de ferrugem.

O único parâmetro que influenciou na incidência de ferrugem foi à presença do fungicida que obteve significância a 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey. Através do teste de médias realizado, observa-se que a média da incidência nos tratamentos sem o fungicida ( $m_T$ ) foi de 35,42%, enquanto a média nos tratamentos com o fungicida ( $m_{(E + P)}$ ) foi de 1,58% (Tabela 9).

Tabela 9 - Teste Tuckey para o fator fungicida na incidência de ferrugem do cafeeiro para os tratamentos sem o fungicida (T) e com o fungicida (E + P)

F.V	Médias
$m_T$	35,42 a
$m_{(E + P)}$	1,58 b
C.V. (%)	43,76

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.5.2. Incidência de cercosporiose no ponto de colheita

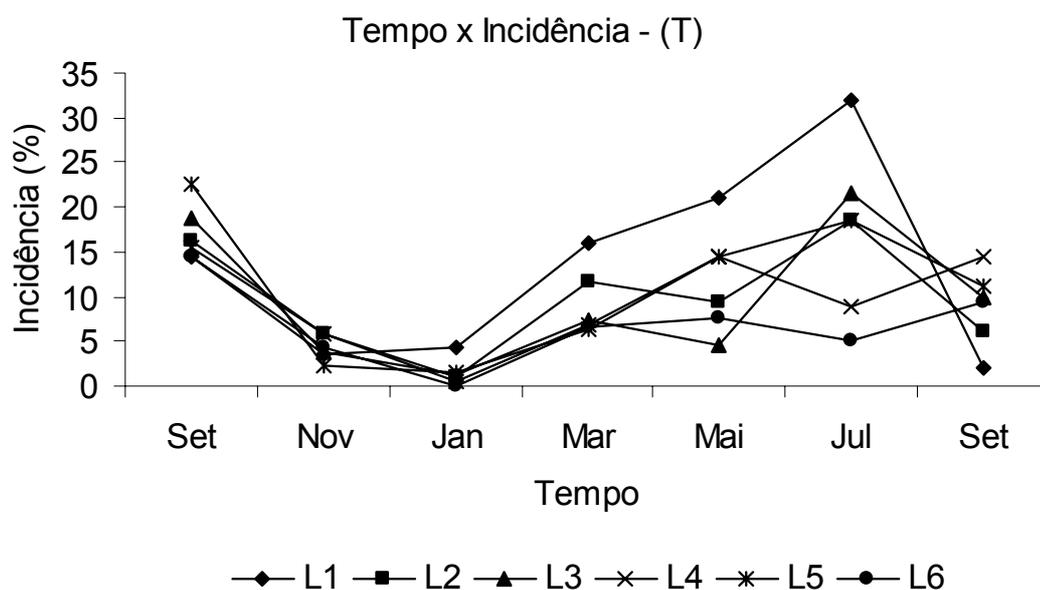


Figura 18 – Incidência de cercosporiose para os tratamentos sem o fungicida (T), compreendida entre o período de setembro de 2004 a setembro de 2005.

Observa-se que a incidência de cercosporiose (18 a 32%) foi maior nos três primeiros tratamentos, referentes às menores lâminas d'água (Figura 18). TALAMINI (1999) e SOUZA JR. (2002) observaram que os tratamentos que receberam as menores lâminas de irrigação, foram os que tiveram maior incidência da doença, o mesmo ocorrendo com os tratamentos não irrigados. ECHANDI (1959), também relatou que a lâmina de água influenciou a incidência da cercosporiose, devido à falta de umidade no solo, condicionando a planta a uma menor absorção de nutrientes, tornando-a mais debilitada e “susceptível” à infecção pelo fungo.

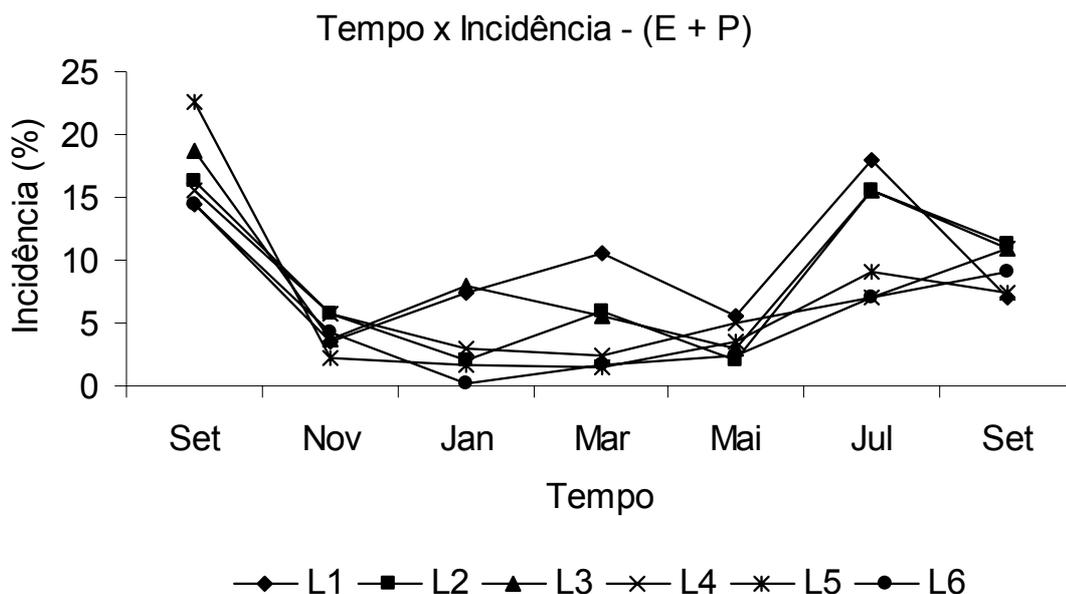


Figura 19 - Incidência de cercosporiose compreendida entre o período de setembro de 2004 a setembro de 2005 para os tratamentos com o fungicida (E + P).

Observa-se na Figura 19 que a incidência da cercosporiose nos diferentes tratamentos de lâminas de irrigação variou de 7 a 18% no ponto de colheita (julho). Apesar do fungicida ter provocado uma queda na incidência da

doença, nota-se que os três primeiros tratamentos, referentes às menores lâminas continuam com maior incidência.

#### 4.5.2.1. Análise de variância para incidência de cercosporiose no ponto de colheita

Tabela 10 – Resumo da análise de variância para a incidência de cercosporiose no ponto de colheita nos tratamentos avaliados

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Repetições	3	114,9167	38,30556	1,19	0,0009
Lâminas	5	1978,417	395,6833	12,25	0,0000
Resíduo (a)	15	1286,583	32,30556		
Fungicida	1	484,5833	352,0833	13,79	0,0016
Fungicida x Lâmina	5	352,0833	65,28333	2,56	0,0645
Resíduo (b)	18	459,5000	25,52778		
C.V. (%) Parcela			38,64		
C.V. (%) Subparcela			34,35		

Observa-se, pela Tabela 10, que não houve interação significativa do fungicida x lâmina de irrigação, significando que os dois fatores atuam independentemente.

A presença do fungicida, que foi um dos fatores que também obteve significância a 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey. Através do teste de médias realizado, observa-se que a média da incidência nos tratamentos sem o fungicida ( $m_T$ ) foi de 17,42%, enquanto a média nos tratamentos com o fungicida ( $m_{(E+P)}$ ) foi de 12,00% (Tabela 11).

Tabela 11 - Teste Tuckey para o fator fungicida na incidência de cercosporiose do cafeeiro para os tratamentos sem o fungicida (T) e com o fungicida (E + P)

F.V	Médias
$m_T$	17,42 a
$m_{(E+P)}$	12,00 b
C.V. (%)	34,35

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 12 – Teste Tuckey para o fator lâmina sem (T) e com o fungicida (E+P) na incidência de cercosporiose

F.V	$m_T$	$m_{(E+P)}$
L1	32,00 a	18,00 a
L3	21,50 a	15,50 a
L2	18,50 b	15,50 a
L5	18,50 bc	9,00 a
L4	9,00 bcd	7,00 a
L6	5,00 d	7,00 a
C.V. (%)	32,63	42,10

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.5.3. Área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF)

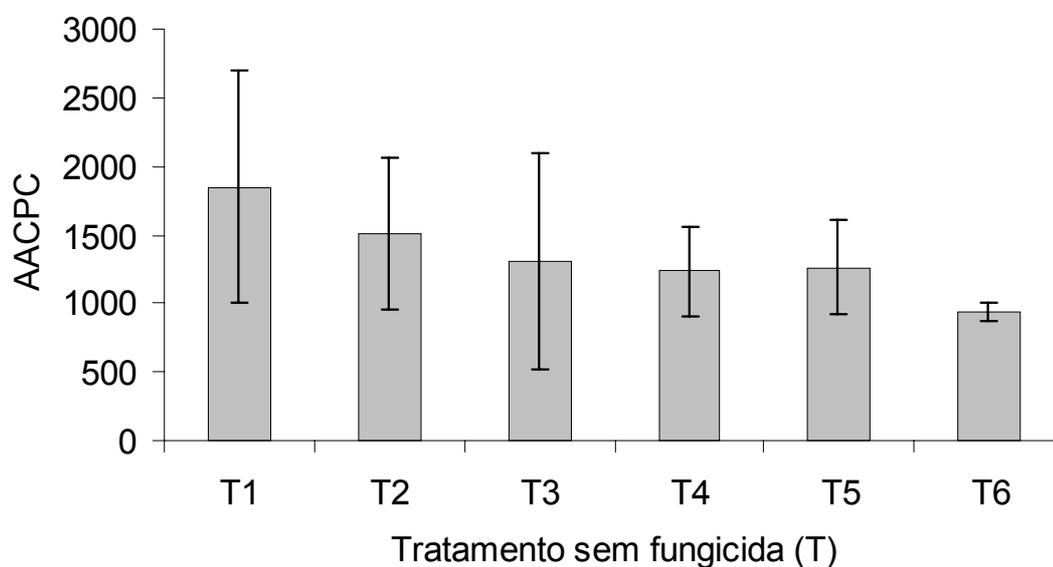


Figura 20 – Área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF) para os tratamentos sem fungicida (T).

Observa-se, pela figura 20, uma maior tendência do progresso da doença para os tratamentos referentes às menores lâminas (T1, T2 e T3), enquanto que para os tratamentos das maiores lâminas o progresso foi menor.

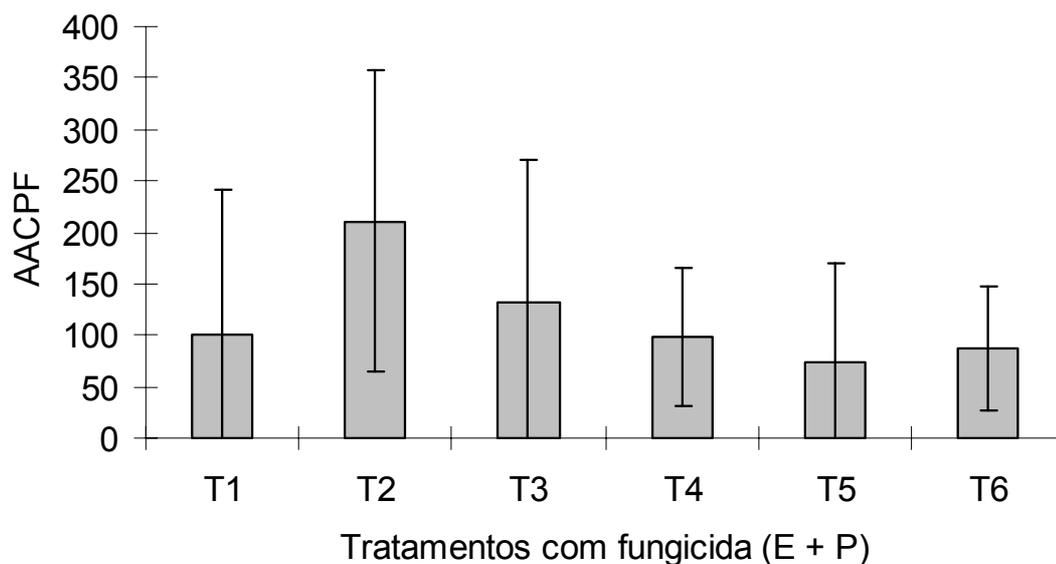


Figura 21 – Área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF) para os tratamentos com o fungicida (E + P).

Observa-se, pela Figura 21, que, exceto o tratamento 2 (T2), todos os outros tratamentos, que tiveram a aplicação do fungicida apresentam comportamento semelhante quanto ao progresso da ferrugem.

#### 4.5.3.1. Análise de variância para área abaixo da curva de progresso da ferrugem

Tabela 13 – Resumo da análise de variância para a área abaixo da curva de progresso da ferrugem nos tratamentos avaliados

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Repetições	3	7114535,	2371512,	2,77	0,0713
Lâminas	5	8415129,	1683026,	1,97	0.1325
Resíduo (a)	15	0.1282428E+08	854951,9		
Fungicida	1	0.2638078E+09	0,2638078E+09	251,65	0,0000
Fungicida x Lâmina	5	8181636,	1636327,	1,56	0,2213
Resíduo (b)	18	0,1886927E+08	1048293,		
C.V. (%) Parcela			37,57		
C.V. (%) Subparcela			41,61		

Observa-se, pela Tabela 13 que não houve interação significativa do fungicida x lâmina de irrigação, significando que os dois fatores atuam

independentemente. Observa-se também, que a lâmina de irrigação não influenciou na incidência de ferrugem.

O único parâmetro que influenciou na área abaixo da curva de progresso da ferrugem foi à presença do fungicida que obteve significância a 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey. Através do teste de médias realizado, observa-se que a média da incidência nos tratamentos sem o fungicida ( $m_T$ ) foi de 4805,58, enquanto a média nos tratamentos com o fungicida ( $m_{(E+P)}$ ) foi de 116,54 (Tabela 14).

Tabela 14 - Teste Tuckey para o fator fungicida na área abaixo da curva de progresso da ferrugem do cafeeiro para os tratamentos sem (T) e com o fungicida (E + P)

F.V	Médias
$m_T$	4805,58 a
$m_{(E+P)}$	116,54 b
C.V. (%)	41,61

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.5.4. Área abaixo da curva de progresso da cercosporiose (AACPC)

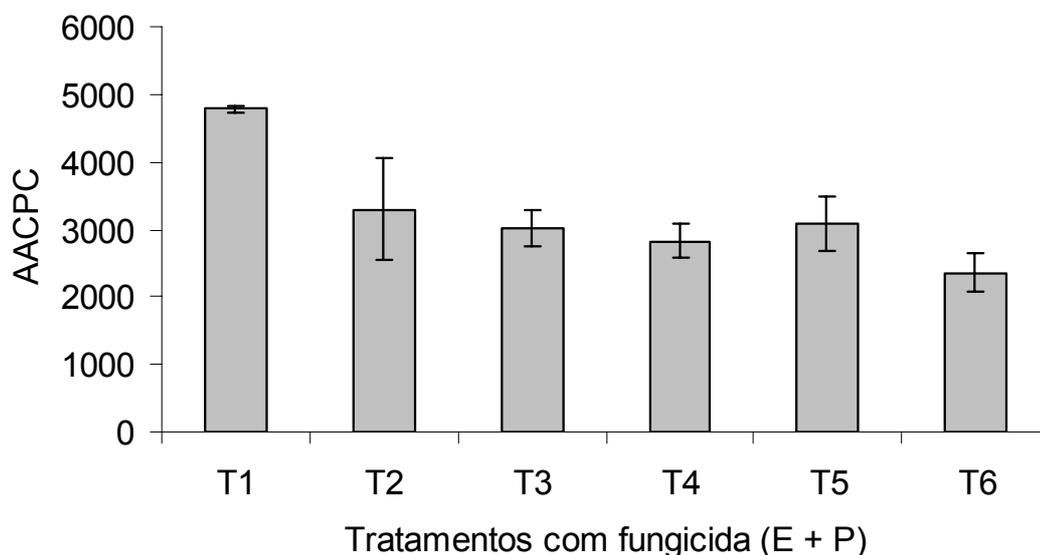


Figura 22 – Área abaixo da curva de progresso da cercosporiose (AACPC) para os tratamentos sem o fungicida (T).

Observa-se na Figura 22, que o progresso da doença é maior no tratamento sem irrigação (T1), enquanto nos tratamentos T2 a T6, seguem um padrão uniforme e que, na maior lâmina, T6, o progresso da doença é menor.

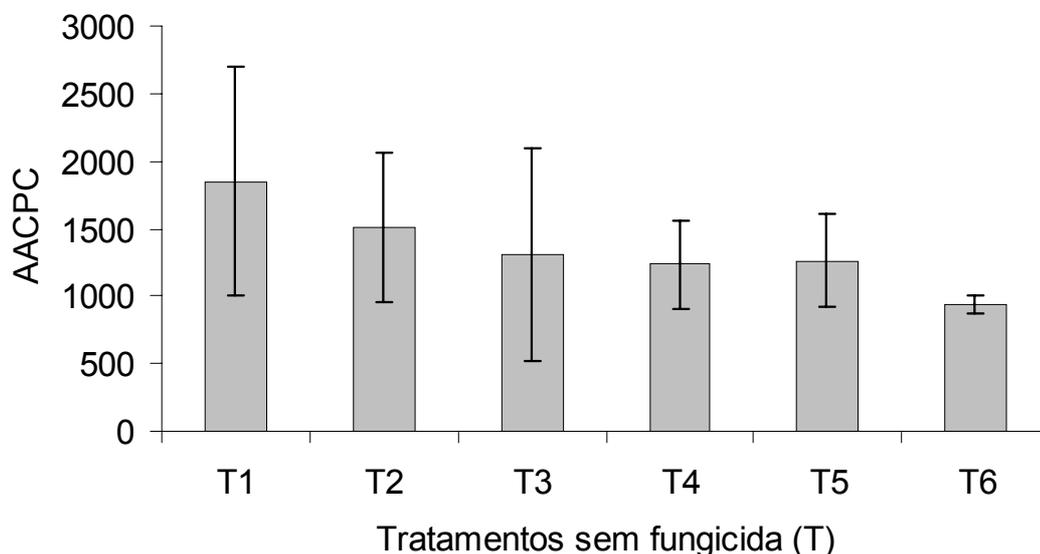


Figura 23 – Área abaixo da curva de progresso da cercosporiose (AACPC) para os tratamentos com o fungicida (E + P).

Na Figura 23, as menores lâminas, T1 a T3, apresentaram maior progresso da doença, mesmo após aplicação do fungicida, enquanto os outros tratamentos apresentaram menor progresso da cercosporiose.

#### 4.5.4.1. Análise de variância para área abaixo da curva de progresso da cercosporiose

Tabela 15 – Resumo da análise de variância para a área abaixo da curva de progresso da cercosporiose nos tratamentos avaliados

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Repetições	3	1308200	436066,6	2,30	0,1117
Lâminas	5	0,1240795E+08	2481591,	13,10	0,0000
Resíduo (a)	15	2841945	189463,0		
Fungicida	1	0,3930506E+08	0.3930506E+08	250,97	0,0000
Fungicida x Lâmina	5	3482029,	696405,8	4,45	0,0082
Resíduo (b)	18	2819051,	156613,9		
C.V. (%) Parcela			18,75		
C.V. (%) Subparcela			17,04		

Observa-se, pela Tabela 15, que houve interação significativa do fungicida x lâmina de irrigação, significando que os dois fatores não atuam independentemente, evidenciando uma relação de dependência entre eles.

Tabela 16 – Teste de Tuckey para análise do comportamento das lâminas nos tratamentos e sem (T) e com fungicida (E+P) no controle da cercosporiose

F.V	Médias (T)	Médias (E + P)
L1	4778,25 a	1851,25 a
L2	3289,0 b	1754,0 ab
L5	3085,5 bc	1463,75 ab
L3	3017,75 bc	1264,0 ab
L4	2829,25 bc	1235,65 ab
L6	2362,0 c	934,50 b
C.V. (%)	13,49	27,92

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### **4.6. Efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação sobre a produtividade do cafeeiro**

A produtividade expressa em sacas (60 kg) beneficiadas por hectare é sem dúvida, o parâmetro mais importante quando se trabalha com irrigação, manejo de doenças e pragas, ervas daninhas, variedades ou espaçamentos. Produtividade do cafeeiro abaixo de 20 sacas beneficiadas por hectare é considerada muito baixa, baixa de 20 a 30, média de 30 a 40, alta de 40 a 60 e uma ótima produtividade acima de 60 sacas beneficiadas por hectare (MANTOVANI, 2002). Entretanto, os valores citados são considerados médios e adotados como referência, podendo ocorrer mudanças nos mesmos, dependendo da região em que se está analisando, condições de clima, solo, nutrição, espaçamento de cultivo, equipamento de irrigação utilizado, condições de manejo da água no solo e do preço de comercialização do produto, sendo, portanto, necessária à realização de estudos que venham a precisar melhor estes valores (NETO, 2002).

A produtividade obtida no campo onde o experimento foi instalado para os anos-safra de 2003/2004 foi de 38,10 sacas beneficiadas ha<sup>-1</sup>. As produtividades médias dos tratamentos sem o fungicida (T) para os anos-safra

de 2004/2005 foi de 22,54, 28,76, 31,14, 37,81, 39,92, 40,28 scs ha<sup>-1</sup> (Tabela 17), para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6, respectivamente. Os respectivos percentuais das produtividades em relação à produtividade de T1 (testemunha) foram de 28, 38, 68, 77 e 79% (Tabela 18).

As produtividades médias dos tratamentos com aplicação de fungicida (E + P) para os anos-safra de 2004/2005 foi de 27,30, 32,97, 34,84, 44,89, 46,02, 46,70 scs ha<sup>-1</sup> (Tabela 17), para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6, respectivamente. Os respectivos percentuais das produtividades em relação à produtividade de T1 (testemunha) foram de 21, 28, 64, 69 e 71% (Tabela 18).

Tabela 17 – Médias das produtividades alcançadas em sacas por hectare em todos os tratamentos, sem (T) e com fungicida (E + P) e diferença entre os tratamentos

Tratamentos	Produtividade (scs.ha <sup>-1</sup> )		Diferença (%)
	Sem fung. (T) (scs.ha <sup>-1</sup> )	Com fung. (E + P) (scs.ha <sup>-1</sup> )	
1	22,54	27,30	21
2	28,76	32,97	15
3	31,14	34,84	12
4	37,81	44,89	19
5	39,92	46,02	15
6	40,28	46,70	16

Tabela 18 – Respetivos percentuais das produtividades sem (T) e com fungicida (E + P) em relação à produtividade de T1 (tratamento testemunha)

Tratamentos	% T1 (T)	% T1 (E + P)
T1	-	-
T2	28	21
T3	38	28
T4	68	64
T5	77	69
T6	79	71

Observa-se que foram praticamente iguais as produtividades dos tratamentos T4, T5 e T6, concordando com os resultados obtidos por SOARES (2005).

Os tratamentos T2 e T3 apresentaram produtividades praticamente iguais, o que também está relacionado à semelhança no comportamento do teor de água do solo, permanecendo abaixo da umidade mínima recomendada (Figuras 7 e 8).

Todos os tratamentos irrigados tiveram produtividade maior que a testemunha, concordando com REIS *et al.*(1990), KARASAWA *et al.* (2001), FERNANDES *et al.* (1998), e MARTINS *et al.* (2002) que também trabalharam com efeito da irrigação e das diferentes lâminas sobre a produção do cafeeiro. SILVA *et al.* (2003) também encontraram valores parecidos na região de Lavras – MG, onde o cafeeiro (*Coffea arabica*), cultivar Acaia MG-1474, recebeu lâminas de irrigação correspondentes a 100, 80, 60, 40 e 0%, da evaporação do tanque Classe A (TCA), sendo a produtividade para a lâmina de 100%, após três anos de produção, superior a de todos os outros tratamentos.

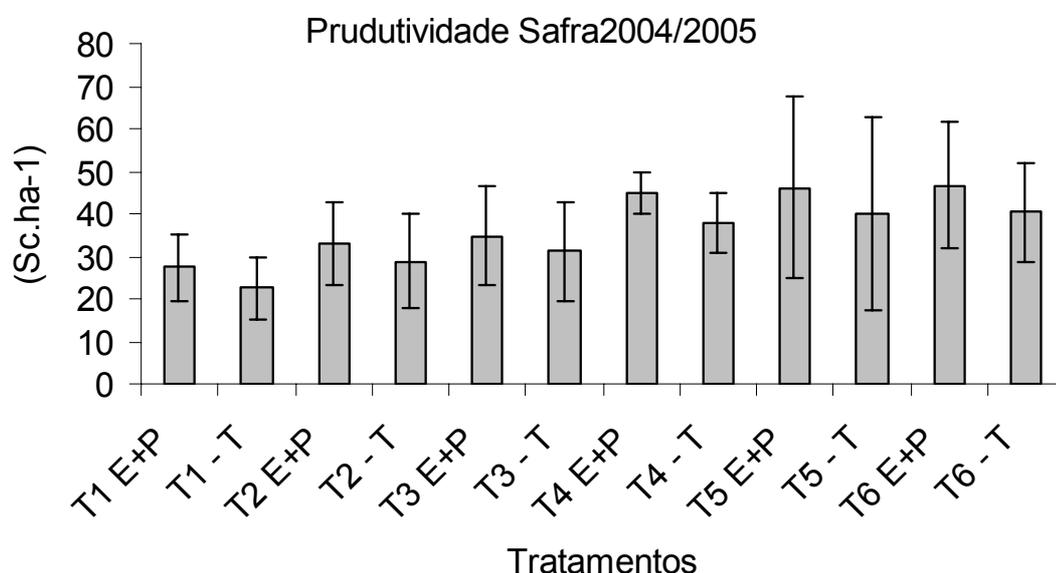


Figura 24 – Produtividade da safra 2004/2005, em sacas beneficiadas por hectare para todos os tratamentos com o fungicida (E+P) e sem e sem o fungicida (T).

Observa-se pela Figura 24 que os tratamentos que obtiveram maiores produtividades foram os que receberam a lâmina igual ou superior à requerida, ou seja, T4, T5 e T6.

#### 4.6.1. Análise de variância para produtividade

A análise estatística para o estudo produtividade, para o experimento de lâminas foi feita com o uso da técnica de contraste entre as médias dos tratamentos propostos. Foi estabelecido um contraste para análise do

comportamento da produtividade nos tratamentos abaixo e acima de 100% da lâmina de água requerida pela cultura, conforme descrito a seguir:

$$C = (T1 + T2 + T3) \text{ vs } (T4 + T5 + T6)$$

A significância favorável ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey, indica que os tratamentos T4, T5 e T6, que corresponde as maiores lâminas a partir da requerida, tiveram produtividade superior aos demais.

Tabela 19 – Resumo da análise de variância para o contraste da produtividade nos tratamentos sem fungicida (T)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F <sub>CAL.</sub>	F <sub>TAB.</sub>
T1 a T3 vs T4 a T6	1	1294,04	1294,04	7,8	4,54
Resíduo	15		162,3194		
C.V. (%) Parcela			38,13		

Tabela 20 – Resumo da análise de variância para o contraste da produtividade nos tratamentos com fungicida (E + P)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F <sub>CAL.</sub>	F <sub>TAB.</sub>
T1 a T3 vs T4 a T6	1	1040,1666	1040,1666	6,75	4,54
Resíduo	15		154		
C.V. (%) Parcela			31,99		

Tabela 21 - Valores de F para as comparações de produtividade entre os tratamentos referentes ao primeiro (T1 a T3) e segundo grupo (T4 a T6), respectivamente

Contrastes	2004/2005
C 1 <sub>T</sub> = (T1 a T3) vs (T4 a T6)	43,75 **
C 2 <sub>(E+P)</sub> = (T1 a T3) vs (T4 a T6)	39,50 **

\*\* F, significativo, a 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 21, que nos contrastes analisados para as médias das produtividades dos dois grupos, T1 a T3 e T4 a T6, nos tratamentos sem (T) e com (E + P) fungicida houve variação significativa a 5% de probabilidade pelo Teste de Tuckey. Portanto, há diferença entre as produtividades médias das menores lâminas (T1 a T3) e entre as produtividades médias das maiores lâminas (T4 a T6).

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

O trabalho foi realizado na fazenda Vista Alegre, município de Jaboticatubas - MG, situada a 19°30' S, 43°44' W e 700 metros de altitude. A fazenda é uma das pioneiras em cafeicultura irrigada de larga escala no Brasil e possui uma área total de 700 ha, sendo 300 ha de café irrigado por pivô central e gotejamento.

São escassos trabalhos que visam estudar o efeito de lâminas de água sobre a severidade de doenças e na produtividade do cafeeiro, sendo este o objetivo do trabalho.

Concluiu-se, em um ano de acompanhamento nas pesquisas, que:

- A média da produtividade do grupo das lâminas menores foi menor do que a média das produtividades do grupo das maiores lâminas, a partir da lâmina requerida, incluindo-a;

- Não se encontrou relação entre lâmina de irrigação e incidência de ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.);

- As lâminas de irrigação e a incidência de cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke) possuem interação significativa, com tendência de menor incidência da doença nos tratamentos referentes às maiores lâminas;

O café é uma cultura que apresenta oscilações de produtividade entre os anos, sendo importante ressaltar que a bianualidade da cultura é um fator

que reflete diretamente nos dados de pesquisa. Para um estudo mais criterioso sobre os efeitos das lâminas de irrigação na produtividade do cafeeiro, o ideal é trabalhar com pelo menos dois anos em que a cultura tenha comportamento parecido, ou seja: dois anos de “alta” ou dois anos de “baixa”, portanto, seriam necessários, pelo menos, três anos de pesquisa para que se possa obter uma conclusão mais coesa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKUTSU, M. **Relações de funções climáticas e bióticas com taxa de infecção de ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vatatrix*)**. Viçosa: UFV, 1981. 67p. (Dissertação – Mestrado em Fitopatologia).

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. In: FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO – Food and Agriculture Organization of United Nations. Rome, 1998. 308 p.

ANTUNES, R. C. B. **Determinação da evapotranspiração e influência da irrigação e da fertirrigação em componentes vegetativos, reprodutivos e nutricionais do café Arábica**. 2001. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

**Atlas de zoneamento agroclimático do Estado de Minas Gerais** - SEA. [www.geominas.mg.gov.br/kit\\_desktop/kit2/paginas/mapas](http://www.geominas.mg.gov.br/kit_desktop/kit2/paginas/mapas). 1980. Acesso em: 21 fev. 2002.

BERGAMIN FILHO, A. **Avaliação de danos e perdas**. In: BERGAMIN FILHO, A. KIMATI, H.; AMORIM, L. eds. Manual de Fitopatologia. 3 ed.. São Paulo: Agronômica. Ceres, v.1, p.672-690, 1995.

BERGAMIN FILHO A.; AMORIM, L.. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996, 289p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6ª edição, Viçosa, UFV – Imprensa Universitária, 2002. 656 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7ª edição, Viçosa, UFV – Imprensa Universitária, 2005. 611 p.

BOCK, R. **Seasonal peridiocity leaf rust anà factor the severity of outbreaks in Kenya colony**. Transactions British Mycological Society, London, v.45, n.3, p.289-300, 1962.

BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. 1999. 224f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BUITRAGO, S. H. L.; FERNANDEZ, B. O. **Esporulación “in vitro” de Cercospora coffeicola Berk. y Cooke**. Cenicafé v.33, p.3-14, 1982.

CALDAS, M. S. **Avaliação da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) e produtividade na cultura do café sob diferentes sistemas de irrigação**. 2001. 29p. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

CAMARGO, A. P. **O clima e a cafeicultura no Brasil**. Informe Agropecuário, v.11, p. 13-26, 1985.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO M. B. P. **Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil**. Agrometeorologia. Nota. Aceito para publicação em 14 de março de 2001.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley, 1990, 532p.

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

CARVALHO, E. A. M. **Progresso da ferrugem (*H. vastatrix*) em diferentes sistemas de irrigação**. 1998. 32p. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. **Cafeicultura: Tecnologia de Produção**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, CD-ROM, n. 1. 1998.

CHALFOUN, S. M. **Doenças do cafeeiro: importância, identificação e métodos de controle**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 96p.

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

CHALFOUN, S.M. **Doenças do cafeeiro: importância, identificação e métodos de controle**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997, 96p.

CHAVES FILHO, V. **Cultura do café**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1987. 51p.

CRUZ FILHO, J. CHAVES, G.M. **Avaliação da eficiência de fungicidas orgânicos e a base de cobre no controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) do cafeeiro (*Coffe arabica* L.)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, Mossoró, 1975. Mossoró, p. 58-62.

DaMATTA, F. M.; RENA, A. B. **Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol**. In: ZAMBOLIM, L. O estado da arte de tecnologias na produção de café, Viçosa – MG, Imprensa Universitária: UFV, 2002. p. 93-135.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. **Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento**. Revista Ceres, v. 27, n. 50, p. 155-162, 1980.

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

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

EMBRAPA, 1999. **Relatório da estimativa da safra cafeeira no Brasil safra 1999/2000**. Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café – Embrapa. 6p. Maio 1999.

EVANGELISTA, A. W. P.; CARVALHO, L. G.; SEDIYAMA, G. C. **Zoneamento climático associado ao potencial produtivo da cultura do café no Estado de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3, p.445-452, 2002.

FAO. **Trickle irrigation**. Roma: FAO, 1973. 153p. (Irrigation and drainage, paper 14).

FAO. **Crop water requirements**, (rev.) 1977. Necessidades Hídricas das Culturas. J. Doorenbos, W.O. Pruitt, Tradução de H. R. Ghoyi, J. E. L. Metri, F. A. V. Damasceno. Campina Grande, UFPB, 1997. 204p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem.

FAO. **FAOSTAT Database Query**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/2004>. (Food and Agriculture Organization) 2004.

FERNANDES, A.L.T., SANTINATO, R., SANTO, J.E., AMARAL, R. **Comportamento vegetativo-reprodutivo do cafeeiro catuaí cultivado no Oeste Baiano sob irrigação por pivô central**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1, 1998, Araguari. **Palestras e Resumos...** Uberlândia: UFU/DEAGO, 1998. p.40-4.

FERERES, E. Irrigation scheduling: the state of the art. In: Hellenic Hidrotechnical Congress on water resources and regional development, 4th. Athens: 1990. Proceedings Athens, 1990. p.755-768.

FRANCO, C. M. **Influence of temperature on growth of coffee plant.** IBEC Research Institute, Bulletin 16, 24p. 1958.

GODOY, C. V.; BERGAMIN FILHO, A.; SALGADO, C. L.. **Doenças do cafeeiro (*Coffea arábica* 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.

JULIATTI, F. **Avaliação da incidência e severidade da ferrugem, incidência da cercosporiose e produtividade da lavoura cafeeira no cerrado, conduzida sob diferentes sistemas de irrigação e lâminas d' água.** In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa dos Cafés do Brasil (2. : 2001 : Vitória, ES). Anais. Brasília, D.F: Embrapa Café, 2001. (CD-ROM), p. 1050-1056.

JULIATTI, F. C.; SILVA, S. A. **Manejo integrado de doenças na cafeicultura do cerrado.** Setor de Fitopatologia, ICIAG, UFU, p.132. 2001.

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

KELLER, J., KARMELI D. **Trickle irrigation design.** Glendora: Rain Bird / Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

KELLER, J. **Trickle irrigation.** En Soil Conservation Service National Engineering Handbook. Colorado, 1978, 129p.

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

KUSHALAPA, A. C.; CRUZ FILHO, J. da. **Epidemiologia.** Viçosa: Imprensa Universitária. 1993, 11p.

KUSHALAPA, A.C.; CHAVES, G.M. **An analysis of development of coffee rust in the field.** Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.5, n.1, p.95-113, fev. 1980.

LEGUIZAMON, C. J. E. **La mancha de hierro del cafeto. Avances Técnicos.** Cenicafé, p.1-8, 1997.

LIMA, P.C. **Método de amostragem para avaliação de infecção de ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vatatrix* Berk & Br.).** Piracicaba: Esalq, 1979. 65p. (Dissertação – Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônoma).

MADDEN, L. V.; HUGHES, G. **Plant disease incidence: distributions, heterogeneity, and temporal analysis.** Annual Review Phytopathology, Palo Alto, Califórnia, v.33, p.529-564, 1995.

MALAVOLTA, E. **História do café no Brasil.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2000. 459p.

MANTOVANI, E. C., Apostila do Curso Manejo de Irrigação: **Otimização do uso da água e energia utilizando o programa irriga.** Viçosa – MG, 2004, 64p.

MANTOVANI, E. C.; VICENTE, M. R.; MUDRIK, A. **A irrigação do cafeeiro – em que condições a irrigação é necessária e como irrigá-lo nestas condições?** In: ZAMBOLIM, L. (ed.) Produção integrada de café. Viçosa: UFV, DPF, 2003. Cap. 10, P. 279-318.

MANTOVANI, E. C. **Manejo da Irrigação na Cafeicultura.** In: Curso de Cafeicultura Irrigada (Apostila). Uberaba-MG, Universidade de Uberaba – UNIUBE. 2002. p. 84.

MARTINS, C. P., Vilela, L. A. A., Gomes, N. M. **Influência de diferentes lâminas de irrigação aplicadas nos parâmetros de crescimento do cafeeiro.** V Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, 2002, Araguari-MG. Anais do V Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada. 2002.v.5,p.111-115.

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

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. **Controle associado de doenças do cafeeiro.** Correio Agrícola, São Paulo: Bayer SA.. p.25-27, 1997.

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

MATIELLO, J. B.; ABREU, R.G.; ANDRADE, I.P.R. **A cultura do café no Brasil.** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1974, 262p.

MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management.** Logan: Utah State University, 1978. 271p.

MUDRIK, A. S., 2005 – **Manejo da irrigação por gotejamento em cafeeiros nas condições edafoclimáticas do cerrado do triângulo mineiro.** Viçosa: UFV, 2005. 76 p.: il. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

NETO, D. E. **Uso racional de água e de energia elétrica na cafeicultura irrigada por pivô central e gotejamento.** Viçosa : UFV, 2002. 127p.: il. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

PEREIRA, A. P.; MOURA, W. M.; ZAMBOLIM, L.; SAKIYAMA, N. S.; CHAVES, G. M. Melhoria genética do cafeeiro no Estado de Minas Gerais – Cultivares lançadas e em fase de obtenção. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: Departamento de Fitopatologia, UFV 2002. p. 273.

PIZARRO, F. C. **Riego localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo. Microaspersion, exudacion**, Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2º ed. 1990. 471p.

PEIXOTO JR., W. L. **Progresso da incidência e severidade da ferrugem e produtividade do cafeeiro em diferentes sistemas e lâminas de irrigação**. 2002, 34f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

QUESADA, G. T. R. **Estúdios sobre la mancha de la hoja del café producida por (Cercospora) en la región de Turrialba, Costa Rica**. Turrialba, 90p., 1950.

REIS, G. N.; MIGUEL, A. E.; OLIVEIRA, J. A. **Efeito da irrigação em presença e ausência da adubação NPK, em cafeeiros em produção – Resultado de 3 produções – em Caratinga – MG**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16, Espírito Santo do Pinhal, 1990. Anais...p. 19-21.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba – SP. p.119-147, 1987.

RIBEIRO DO VALE, F. X.; ZAMBOLIM, L.. **Influência da temperatura e da umidade nas epidemias de doenças de plantas**. Revisão Anual de Patologia de Plantas, Passo Fundo, v.4, p.149-207, 1996.

SALOMÃO, H. **Fertirrigação no café: Ferramenta indispensável para alta produtividade**. 2000. [http://www.fertirrigação.com.br/artigos\\_cafe01.htm](http://www.fertirrigação.com.br/artigos_cafe01.htm)

SANTOS, F. A. S.; MATIELLO, J. B., RIBEIRO, R. W. C.; SANTINATO, R. **Épocas de controle da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) no estado de Pernambuco – Garanhuns**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 12, Caxambu, Resumos...Rio de Janeiro: IBC, p.182-183, 1985.

SILVA, A. L. da; FARIA, M. A. de; REIS, R. P. **Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, n. 1, p. 37-44, 2003.

SILVA-ACUNÃ, R.; ZAMBOLIM, L.; CRUZ, C.D. & VALE, F.X.R. **Estudo epidemiológico da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vatatrix*) utilizando a**

**análise de trilha.** Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.23, n.4, p.425-430, dez. 1998.

SILVA-ACUNÃ, R. **Epidemiologia e controle químico da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) do cafeeiro (*coffea arabica* L.).** Viçosa: UFV, 1996. (Tese – Doutorado em Fitopatologia).

SOARES, A. R.; **Irrigação, fertirrigação, fisiologia e produção em cafeeiros adultos na região da Zona da Mata de Minas Gerais.** 2001. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SOARES, A. R.; **Efeito da lâmina de irrigação e da porcentagem de área molhada no desenvolvimento e produção do cafeeiro em Patrocínio – MG.** Viçosa: UFV, 2005, 78p. (Tese – Doutorado em Engenharia Agrícola).

SOUZA JR, L. B. S. **Incidência e severidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) e produtividade na cultura do café sob diferentes sistemas de irrigação.** 2002, 36p. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

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.** Lams: UFLA, 1980. 50p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

TALAMINI, V. **Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em diferentes lâminas de irrigação e diferentes parcelamentos de adubação.** Lavras: UFLA, 1999. 89p. (Dissertação de Mestrado em Fitopatologia).

VÁRZEA, V. M. P.; JÚNIOR., C. J. R.; SILVA; M. C. M. L.; GOUVEIA, M.; MARQUES, D. V.; GUIMARÃES, L. G.; RIBEIRO, A. Resistência do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) **O estado da arte de tecnologias na produção de café.** Viçosa: Departamento de Fitopatologia, UFV, 2002. p. 297.

VIEIRA, G. H. S., 1975 – **Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas.** – Viçosa: UFV, 2002. 76 p.: il. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M.. Café: controle doenças. Doenças causadas por fungos, bactéria e vírus. In: VALE, F. V. R.; ZAMBOLIM, L. (eds.). **Controle de doenças de plantas: grandes culturas.** Viçosa: Departamento de Fitopatologia, UFV, 1997, V.1, p.83-140.

ZAMBOLIM, L.; MARTINS, M. C. del P. & CHAVES, G. M. **Café.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 11, n.131, p.64-75, nov. 1985.

ZAMBOLIM, L.; RIBEIRO DO VALE, F. X.; ZAMBOLIM, E. M.; Manual de Fitopatologia, Doenças das Plantas Cultivadas. 4ª ed. In: Capítulo 19 - **Doenças do Cafeeiro** (*Coffea arabica* e *C. Canephora*), p. 168. 2005.