

JOÃO PAULO ARANTES RODRIGUES DA CUNHA

FUNGIGAÇÃO: EFICÁCIA E UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DO
EPOXICONAZOL, EM TRÊS LÂMINAS DE ÁGUA, NO CONTROLE DE
DOENÇAS DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris L.*)

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2000

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso e pelos ensinamentos.

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

Ao professor Mauri Martins Teixeira, pela orientação, pelos conhecimentos transmitidos e pela amizade ao longo do curso.

Ao pesquisador Rogério Faria Vieira e ao professor Luiz Cláudio de Almeida Barbosa, pelo apoio, pela atenção e pela co-orientação.

Ao professor Nilson Salvador, pelo incentivo, pela amizade e pelos ensinamentos proferidos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, do Departamento de Química, do Departamento de Fitotecnia e da EPAMIG, pelo apoio e pelo bom convívio.

À empresa BASF, em especial a Leandro Alves Martins, pelo apoio na realização dos experimentos.

A todos os colegas de curso e amigos, pelo apoio e pela boa convivência.

Aos meus pais, irmãos e familiares, pelo estímulo e pela compreensão.

À Jomara, pelo apoio, pela compreensão e pelo amor nos momentos de dificuldade.

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

JOÃO PAULO ARANTES RODRIGUES DA CUNHA, filho de Ricardo Rodrigues da Cunha e Helenice Maria Arantes Rodrigues da Cunha, nasceu em Brasília, Distrito Federal, no dia 18 de março de 1976.

Em março de 1994, iniciou o curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Lavras – UFLA, Minas Gerais, o qual concluiu em abril de 1999.

Em abril de 1999, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. A cultura do feijão	4
2.2. Aplicação de defensivo agrícola	6
2.3. Fungigação	8
2.4. Fungigação em feijão	10
2.5. Interação sistema de cultivo e ocorrência de doenças no feijoeiro	11
2.6. Pivô central	12
2.7. Uniformidade de distribuição do princípio ativo	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Caracterização da área experimental	18
3.2. Cultura	18
3.3. Defensivo utilizado	19
3.5. Avaliações	23
3.5.1. Uniformidade de distribuição de água e condições ambientes	23
3.5.2. Eficácia do fungicida no controle de doenças da parte aérea	24
3.5.3. Influência da lâmina de água na fungigação	26

	Página
3.5.4. Influência do sistema de cultivo no controle de doenças.....	26
3.5.5. Uniformidade de distribuição do fungicida aplicado via água de irrigação ao longo da área tratada	29
3.6. Aplicação do fungicida.....	33
3.7. Parcela e delineamento estatístico.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Eficiência dos métodos de aplicação do fungicida epoxiconazol no controle de doenças.....	41
4.2. Efeito do sistema de cultivo no controle de doenças e na produtividade do feijoeiro.....	43
4.3. Efeito da lâmina de água na eficiência da fungigação	47
4.4. Uniformidade de distribuição do fungicida ao longo da área tratada, durante a quimigação	49
5. RESUMO E CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

RESUMO

CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues da, M.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2000. **Fungigação: eficácia e uniformidade de distribuição do epoxiconazol, em três lâminas de água, no controle de doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** Orientador: Mauri Martins Teixeira. Conselheiros: Rogério Faria Vieira e Luiz Cláudio de Almeida Barbosa.

O presente trabalho teve como objetivos: avaliar a eficácia do fungicida epoxiconazol, aplicado via água de irrigação, no controle de doenças da parte aérea do feijão, nos sistemas de plantio convencional e direto; avaliar o efeito da lâmina de água na eficiência da fungigação; e avaliar a uniformidade de distribuição de fungicida durante a operação de quimigação, ao longo da área tratada. Foi aplicado o fungicida epoxiconazol via pivô central na cultura do feijão, nos plantios direto e convencional, em diferentes lâminas de água (3, 5 e 7 mm), e avaliou-se a severidade de doenças. A determinação da uniformidade de distribuição do fungicida foi feita quantificando-se o resíduo de epoxiconazol nas folhas submetidas à fungigação, coletadas em diferentes posições ao longo da área tratada. Nas condições em que o experimento foi conduzido, os resultados permitiram as seguintes conclusões: a) o fungicida epoxiconazol, aplicado via pivô central, reduziu a severidade da mancha-angular e da mancha-de-alternária do feijoeiro; b) as lâminas de água utilizadas na fungigação não influenciaram a eficácia e a uniformidade de distribuição do fungicida epoxiconazol; e c) a fungigação propiciou boa uniformidade de distribuição do ingrediente ativo ao longo da área tratada.

ABSTRACT

CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues da, M.S., Universidade Federal de Viçosa, October 2000. **Fungigation: efficacy and distribution uniformity of epoxiconazol, at three water depths, for diseases control on dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.).** Adviser: Mauri Martins Teixeira. Committee members: Rogério Faria Vieira and Luiz Cláudio de Almeida Barbosa.

The objectives of this work were: to evaluate the efficacy of the fungicide epoxiconazol, applied through irrigation water, for bean disease control, on conventional and no-till systems; to evaluate the influence of applied water amount on the fungigation efficiency; and to evaluate the fungicide distribution uniformity of chemigation. The fungicide epoxiconazol was applied on bean crop, on conventional and no-till systems, by center pivot system at different amounts of applied water (3, 5 e 7 mm), and disease severity was evaluated for each test. The evaluation of fungicide distribution uniformity was made by residue quantification on leaves submitted to fungigation and collected at different points along the treated area. The following conclusions were drawn from this work: a) the fungicide epoxiconazol, applied by center pivot system, decreased the severity of bean angular leaf spot and bean alternaria leaf spot; b) the amount of applied water by fungigation did not influence the efficacy and distribution uniformity of the fungicide epoxiconazol; c) fungigation allowed a uniform active ingredient distribution along the treated area.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial tem exigido da agricultura cada vez mais eficiência e competitividade. Nesse contexto, o controle de pragas, de doenças e de plantas daninhas nas áreas de plantio tornou-se uma preocupação constante do agricultor. Cada vez mais o uso de defensivos agrícolas vem intensificando-se, com o surgimento de novos produtos e novas técnicas de aplicação. Aplicações de produtos fitossanitários tornaram-se uma constante no campo, assegurando e aumentando a produção.

Dentre as diferentes técnicas de aplicação de defensivos disponíveis, as que se baseiam na pulverização convencional do produto (costal e tratorizada) são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em distintas aplicações. Atualmente, entretanto, uma nova técnica de aplicação fitossanitária, a quimigação, vem se desenvolvendo bastante. A aplicação de produtos químicos na lavoura por intermédio da água de irrigação está se intensificando por parte dos produtores que dispõem de equipamentos de irrigação, pois é técnica eficiente para muitos produtos e economicamente viável.

Produtores rurais já fazem uso desse método de aplicação com sucesso, mas sem o devido respaldo da pesquisa. Muitos produtores, por sua conta e risco, com base em suas próprias observações, estão fazendo aplicações de produtos, como fungicidas e inseticidas, sem o conhecimento dos riscos ambientais que a nova técnica, quando utilizada de maneira inadequada, pode acarretar.

Diversos agricultores estão aplicando quantidade de produto bastante superior à necessária, de maneira a “compensar” o grande volume de água aplicado. Soma-se a isso o fato de que, muitas vezes, os próprios profissionais de extensão rural não conhecem o real efeito dos defensivos agrícolas existentes no mercado, quando aplicados via água de irrigação. A pesquisa precisa atender às dúvidas dos produtores e fornecer dados para evitar possíveis fracassos e danos ao meio ambiente.

A ação dos produtos fitossanitários, quando distribuídos de modo inadequado, torna-se, potencialmente, um risco à saúde humana e ao meio ambiente, por causar poluição do ar, do solo, da água e dos recursos alimentares. Portanto, é importante aumentar a eficiência da aplicação desses produtos e, com isso, reduzir a contaminação ambiental (PALLADINI, 1992).

Os produtos fitossanitários modernos normalmente são muito eficazes no controle das pragas e doenças que atacam as culturas. No entanto, há necessidade de se melhorar a uniformidade de deposição do produto sobre o alvo, para reduzir o desperdício. A cobertura obtida nos tratamentos fitossanitários é de forma direta responsável pelo sucesso no controle de pragas, de doenças ou de alguns problemas que causam prejuízo à cultura. No caso de alguns produtos, é desejável que toda a área-alvo receba a mesma quantidade de ingrediente ativo.

No caso específico da quimigação, a uniformidade de distribuição do produto químico é fator essencial para o sucesso da operação, sendo geralmente proporcional à uniformidade de distribuição de água fornecida pelo sistema de irrigação (VIEIRA, 1994). Entretanto, são poucos os estudos sobre a uniformidade de distribuição do defensivo injetado no sistema de irrigação.

A cultura do feijão representa importante atividade agrícola no Brasil, principalmente quando se leva em conta que essa leguminosa é produzida por pequenos e médios agricultores. As doenças que ocorrem nesta cultura constituem uma das principais causas da sua baixa produtividade no Brasil. Muitas doenças, entre elas as causadas por fungos, podem causar perdas totais ou inviabilizar determinadas áreas para o plantio (PAULA Jr. e ZAMBOLIM, 1998). Uma alternativa para esse problema é a aplicação de fungicidas, seja ela

feita da forma convencional ou via água de irrigação (fungigação). Esses fungicidas, assim como sua forma de aplicação, devem estar devidamente registrados no órgão federal competente.

Além disso, como complemento às pesquisas de fungigação, é importante realizar estudos nos diversos sistemas de cultivo utilizados pelos agricultores brasileiros. Em diversas partes do País o plantio direto vem substituindo o plantio convencional. O plantio direto, por manter o solo sempre com cobertura vegetal, altera-lhe a atividade biológica e influencia a sobrevivência e a disseminação das doenças de plantas (GASSEN e GASSEN, 1996).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivos:

- Avaliar a eficácia do fungicida epoxiconazol, aplicado via água de irrigação, no controle de doenças da parte aérea do feijão, nos sistemas de plantio convencional e direto.
- Avaliar o efeito da lâmina de água na eficiência da fungigação em sistema de irrigação por pivô central.
- Avaliar a uniformidade de distribuição de fungicida durante a operação de quimigação, ao longo da área tratada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do feijão

A cultura do feijão tem sido, tradicionalmente, caracterizada como segmento atrasado do setor agrícola brasileiro. A atividade está comumente associada ao pequeno produtor, ao emprego de baixos níveis tecnológicos e a grandes oscilações na produção e na produtividade. No entanto, desde a década de 80, essa situação vem se alterando. A crescente incorporação de áreas irrigadas ao processo produtivo tem permitido a expansão da safra de inverno, eliminando as entressafras (SANTOS e BRAGA, 1998).

A produção de feijão vem, aos poucos, apresentando nova dinâmica, que está influenciando os parâmetros de rentabilidade da atividade, deixando de ser uma lavoura de subsistência para se transformar numa cultura tecnificada, com plantações irrigadas e colheitas semimecanizadas.

A produção nacional de feijão está em torno de 3,0 milhões de toneladas, com área colhida de 4,9 milhões de hectares e produtividade de 570 kg/ha, sendo o Brasil o maior produtor mundial (SANTOS e BRAGA, 1998).

O feijão é um dos mais importantes constituintes da dieta do brasileiro, por ser reconhecidamente excelente fonte protéica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos e de ser rico em ferro. Além de sua relevância na dieta do brasileiro, é um dos produtos agrícolas de maior importância econômico-

social, em razão da grande área cultivada e da mão-de-obra empregada (BORÉM e CARNEIRO, 1998).

Alguns fatores, entretanto, podem ser enumerados como desestimuladores da exploração do feijão por grandes produtores. O risco parece ser um dos principais fatores desse desinteresse. A cultura é suscetível a numerosas doenças e pragas. Mais de 45 doenças podem ocorrer durante o desenvolvimento da cultura, embora aproximadamente 10 sejam realmente importantes (BORÉM e CARNEIRO, 1998).

As doenças que ocorrem no feijoeiro constituem uma das principais causas da sua baixa produtividade no Brasil. Muitas doenças podem causar, dependendo das condições de ambiente, perdas consideráveis na produção ou, então, dependendo do nível de contaminação, inviabilizar determinadas áreas para o plantio (PAULA JÚNIOR. e ZAMBOLIM, 1998).

Dentre as doenças mais importantes do feijoeiro, as causadas por fungos têm especial importância, destacando-se: mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*), antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), mancha-de-alternária (*Alternaria* spp.), oídio (*Erysiphe polygoni*) e murcha-de-fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*).

A mancha-angular apresenta maior severidade nos plantios da época da seca e de outono-inverno com irrigação (SARTORATO e RAVA, 1998). As perdas no rendimento devido à doença são maiores quanto mais precoce for o seu aparecimento. O controle desta doença através da resistência genética é bastante difícil, sendo o controle químico praticamente indispensável na maioria das grandes lavouras.

A antracnose é doença que ataca cultivares suscetíveis estabelecidas em localidades com temperaturas moderadas a baixas e alta umidade relativa. Além de diminuir a produtividade da cultura, a doença deprecia a qualidade do produto, por ocasionar deformações e manchas nos grãos. As perdas ocasionadas pela doença podem ser da ordem de 100% (RAVA et al., 1998).

O mofo-branco também é uma doença séria da cultura do feijão, principalmente no cultivo de inverno. Plantas com sintomas da doença apresentam-se com uma podridão mole nos tecidos atacados, que com poucos dias ficam recobertos por uma densa camada de micélio branco. A moléstia é de difícil controle em razão das próprias características do patógeno, que possui ampla faixa de hospedeiros e sobrevive mais de cinco anos no solo (OLIVEIRA et al., 1995).

A ferrugem é outra importante doença que ataca o feijoeiro, chegando a causar prejuízos de 100% na produção (ITO et al., 1995). A murcha-de-fusarium também pode provocar graves danos à cultura, sendo o uso de cultivares resistentes a medida mais viável de controle (NASCIMENTO et al., 1998).

A mancha-de-alternária tem causado atualmente, segundo OLIVEIRA et al. (1992b), perdas consideráveis de produção, e a eficácia dos fungicidas utilizados para o controle desta doença é limitada (VIEIRA et al., 1998). Temperaturas entre 16 e 20°C e alta umidade favorecem o desenvolvimento da doença. O fungo pode ser transmitido pelas sementes e pode sobreviver em restos de cultura.

Todas essas doenças contribuem para a baixa produtividade do feijoeiro no Brasil. A produtividade média nacional está bastante abaixo do potencial da cultura, que é de mais de 5.000 kg/ha. Uma alternativa para contornar o problema é a aplicação de defensivos agrícolas. Os fungicidas diminuem a severidade das doenças e aumentam o rendimento da cultura (DUDIENAS et al., 1990).

2.2. Aplicação de defensivo agrícola

Dentre as técnicas de aplicação de defensivos agrícolas, a pulverização convencional (costal e tratorizada) é a mais difundida, graças à flexibilidade que oferece em distintas situações, ajustando a finura da pulverização e a cobertura, em porcentagem da superfície tratada, ou pelo número de impactos por unidade de área que cada alvo exige. Atualmente, entretanto, uma nova técnica de

aplicação fitossanitária, a quimigação, vem se desenvolvendo bastante. A quimigação pode ser definida como a aplicação de produtos químicos na lavoura por intermédio da água de irrigação (VIEIRA, 1994).

Os mais diversos tipos de produtos, entre eles os herbicidas, os inseticidas, os fungicidas, os nematicidas e os fertilizantes, são passíveis de serem aplicados via irrigação. Apesar de ser uma técnica relativamente nova no Brasil, começou a ser usada mais intensivamente, nos Estados Unidos, na década de 70. Tem-se, em 1958, o primeiro registro de aplicação de fertilizante comercial por meio da irrigação por aspersão (BRYAN e THOMAS JR., 1958).

No Brasil, somente nos últimos anos é que a quimigação tem-se firmado como técnica, sendo os proprietários dos sistemas de irrigação localizada e pivô central os que fazem uso mais freqüente dessa prática.

Com a evolução dos sistemas de irrigação, a introdução de novos defensivos no mercado, o aumento crescente do custo da mão-de-obra e a necessidade de se elevar a eficiência dos insumos agrícolas, criou-se grande expectativa em relação à utilização dessa tecnologia. De maneira geral, os sistemas de irrigação por aspersão, principalmente o pivô central e os sistemas lineares, são os mais adequados a essa técnica, enquanto a irrigação por superfície é de uso mais limitado (THREADGILL, 1991).

As principais vantagens da quimigação podem ser assim relacionadas (THOMAS et al., 1998):

- Uniformidade de aplicação: de maneira geral, se o equipamento de irrigação estiver operando em perfeita condição, a distribuição de defensivo na lavoura será mais uniforme que a obtida com a aplicação convencional.
- Economia: constitui-se numa técnica mais econômica do que a aplicação convencional.
- Incorporação e ativação: os produtos que visam ao solo são incorporados e ativados quando aplicados com grande volume de água.
- Flexibilidade: a aplicação pode ser feita em épocas de grande fechamento da cultura, sem grandes danos a esta.

- Reduz compactação de solo: tem-se o tráfego de máquinas eliminado na lavoura durante a aplicação dos produtos.
- Redução de danos à cultura: o menor tráfego também reduz os danos à cultura.
- Menores riscos ao operador: o operador não precisa estar em contato com o produto distribuído, como no caso da aplicação convencional.

Entretanto, a quimigação traz consigo algumas características inerentes à aplicação de defensivos agrícolas, que devem ser manejadas corretamente, sob risco de inviabilizar o sistema, como (THREADGILL, 1985):

- Necessidade de um manejo eficiente: a quimigação pressupõe um manejo eficiente da irrigação para o sucesso da operação.
- Riscos ambientais: a quimigação é um risco potencial ao meio ambiente quando manejada de forma inadequada.
- Equipamentos adicionais: há necessidade de adquirir alguns equipamentos adicionais para se realizar a aplicação com segurança.

Sem dúvida, a aplicação de produtos químicos conjunta com a irrigação representa, na atualidade, uma importante tecnologia na agricultura irrigada. Deve ser feita, entretanto, com critério, de maneira a evitar possíveis danos ambientais e prejuízos econômicos. Um manejo adequado inclui sistemas bem projetados, calibração bem feita e operador bem treinado (OGG e DOWLER, 1988).

2.3. Fungigação

Os países que empregam alta tecnologia na agricultura irrigada vêm utilizando a água de irrigação como veículo para o transporte de produtos químicos, entre eles os fungicidas. Essa prática tem mostrado, em muitos casos,

eficiência e segurança. Alguns trabalhos demonstram que, além da eficiência no controle de doenças foliares, a fungigação pode, ademais, controlar fungos de solo (PINTO, 1994).

Os sistemas de irrigação por aspersão são os mais adequados para o uso dessa técnica, por apresentarem alto coeficiente de uniformidade de distribuição de água, quando manejados adequadamente, e por serem o único método que permite o controle de doenças foliares.

Para alguns fungicidas de contato, essa técnica pode ser menos eficiente que a aplicação convencional. Na maioria dos casos, os fungicidas apresentam boa eficácia no controle de doenças quando aplicados via água de irrigação, enquanto alguns produtos apresentam eficácia inferior à obtida com a aplicação convencional (VIEIRA e SUMNER, 1999).

A principal dúvida com relação à fungigação está relacionada com o grande volume de água utilizado. A diluição do fungicida pode afetar a eficácia do produto, reduzindo o controle de doenças.

VIEIRA e SUMNER (1999) citam alguns pontos favoráveis à fungigação que compensam o potencial de lavagem provocado pelo grande volume de água utilizado, permitindo um bom controle das doenças: aplicação do fungicida no momento de maior atividade do fungo; melhor uniformidade de distribuição; cobertura quase completa de todo o dossel das plantas; e redução de inóculo na lavoura. Além disso, os fungicidas, quando aplicados na água de irrigação, proporcionam melhor controle de patógenos do solo, menores danos mecânicos à cultura e menor compactação do solo, propiciando um rendimento da cultura equivalente ou superior àquele obtido com a pulverização convencional.

Dessa forma, o que se percebe nos trabalhos publicados, comparando a fungigação e a aplicação convencional, é que esta se mostra ligeiramente superior na redução da severidade de doenças, porém os rendimentos são equivalentes (VIEIRA e SUMNER, 1999).

Com relação especificamente aos fungicidas sistêmicos, existem evidências de que o grande volume de água utilizado pode ser menos

comprometedor para o seu desempenho, comparado aos fungicidas protetores, pois parte do produto que alcança o solo pode ser absorvida pelas raízes, translocando-se para a parte aérea (VIEIRA e SILVA, 1998).

BRENNEMAN et al. (1990), comparando a deposição de fungicida nas folhas durante a aplicação convencional e fungigação na cultura do amendoim, verificaram que as maiores diferenças na retenção de fungicida pelas folhas encontram-se nas partes superiores da cultura, diminuindo nas partes inferiores. Além disso, a maior retenção de fungicida pelas folhas, na aplicação convencional em relação à fungigação, não é diretamente proporcional ao volume de água utilizado, isto é, não há redução na retenção de produto pela folha na mesma proporção de aumento do volume de água utilizado na aplicação.

2.4. Fungigação em feijão

No Brasil, a fungigação na cultura do feijão vem sendo empregada pelos agricultores há alguns anos. Entretanto, poucos são os trabalhos desenvolvidos para avaliar sua eficiência (SARTORATO e RAVA, 1998). Especialmente no feijoeiro, a fungigação parece bastante promissora, pois o fechamento da cultura a partir do florescimento torna difícil a entrada de máquinas na lavoura para o controle de doenças.

O mofo-branco é a doença mais estudada quanto ao uso da fungigação (VIEIRA e SILVA, 1998). OLIVEIRA et al. (1995) afirmam que a fungigação é uma técnica viável para o controle do mofo-branco no feijoeiro, proporcionando eficiência equivalente ou superior à técnica convencional. TU (1989) relata que as aplicações com fungicidas em feijoeiro por avião não proporcionam bom controle dessa doença, em razão do volume de água insuficiente para promover uma boa cobertura de todas as folhas com o fungicida.

Com relação à ferrugem, PINTO et al. (1990), utilizando o fungicida sistêmico bitertanol aplicado por aspersores setoriais em lâminas de 3 mm, verificaram redução da severidade da doença. Também OLIVEIRA et al.

(1992a), avaliando a eficácia de fungicidas aplicados via pivô central no controle da ferrugem, do mofo-branco e da mancha-angular, verificaram redução da intensidade de doenças, quando comparada à testemunha. Entretanto, o tratamento convencional se mostrou superior à fungigação no controle da mancha-angular.

OLIVEIRA et al. (1992b), comparando a fungigação e a aplicação convencional de fungicida no controle do oídio e da mancha-de-alternária, concluíram que, de maneira geral, a fungigação se mostrou melhor que o método convencional no controle do oídio, resultando em maior produtividade.

2.5. Interação sistema de cultivo e ocorrência de doenças no feijoeiro

O plantio direto é um sistema de produção agrícola em que se evita a mobilização do solo, mantendo sua superfície sempre recoberta de resíduos ou vegetação. O termo origina-se da idéia de semear diretamente sobre o solo não lavrado. A carência de informações técnicas específicas limita o uso do plantio direto no feijoeiro (WILDNER, 1992). No Brasil, os primeiros estudos sobre o cultivo do feijão no sistema de plantio direto foram realizados no Paraná. A área cultivada nesse sistema vem crescendo continuamente.

Do ponto de vista agrônômico, o plantio direto apresenta as seguintes vantagens sobre o plantio convencional: reduz a degradação química, física e biológica do solo; aumenta a população de inimigos naturais; reduz a perda de água do solo; evita o contato das vagens com o solo; e reduz o uso de máquinas e, conseqüentemente, a compactação do solo (MENEZES, 1995).

GALVÃO et al. (1981) constataram que na safra da seca o rendimento do feijoeiro no plantio direto superou o convencional em 24%. Também SANTOS et al. (1996) encontraram melhores resultados em sistemas de plantio direto. Esse tipo de sistema de cultivo, entretanto, altera a atividade biológica do solo e deve influenciar a sobrevivência e disseminação de patógenos (RODRÍGUES-KÁBANA e CALVET, 1994).

GASSEN e GASSEN (1996) afirmam que nesse tipo de sistema a manutenção da palha sobre o solo pode proporcionar maior sobrevivência dos patógenos, aumentando a intensidade de algumas doenças e tornando o manejo adequado de doenças mais difícil. Algumas doenças de expressão econômica têm sido favorecidas pela adoção deste sistema. Por outro lado, o efeito é mínimo sobre doenças que já são eficientemente controladas por meio de resistência genética.

Em plantio direto, devido à umidade do solo mais elevada e às temperaturas mais baixas, algumas doenças são favorecidas. Outro problema está relacionado ao não-revolvimento do solo. Quando manejado da forma incorreta no plantio direto, o solo pode apresentar uma camada compactada, o que favorece doenças radiculares. Logo, é necessária uma rotação de cultura eficiente para se controlar esse tipo de doença (COSTAMILAN, 1999).

Em conclusão, a adoção do sistema de plantio direto não significa que haverá certamente mais doenças. O desafio atual reside na busca de alternativas criativas que aliviem os efeitos negativos do plantio direto. As novas tecnologias precisam ser compatíveis com os princípios conservacionistas embutidos no sistema de plantio direto (FERNANDES, 1999).

2.6. Pivô central

A irrigação é um dos fatores de produção que se destacam no cultivo do feijão. Dentre os diversos métodos existentes, a aspersão por pivô central tem assumido grande importância nos dias atuais. Esse sistema de irrigação foi criado no Estado de Nebraska (EUA), em 1952, e sua fabricação no Brasil iniciou-se em 1979. Atualmente, esse equipamento vem sendo comercializado por diferentes empresas.

O pivô central é um sistema de irrigação por aspersão que opera em círculo. É constituído de uma linha lateral com emissores, ancorada em uma das extremidades e suportada por torres dotadas de rodas, equipadas com unidades

propulsoras que transmitem o movimento mediante eixo cardã aos redutores da roda. Dessa forma, a linha lateral realiza um giro completo ao redor da torre na base do pivô, onde o equipamento é fixado no terreno. A velocidade de deslocamento do pivô pode ser ajustada dentro de certos limites, proporcionando controle da lâmina aplicada (BERNARDO, 1995).

As principais desvantagens deste sistema são o alto custo do equipamento, o elevado custo operacional (consumo de energia), além do fato de somente irrigar áreas circulares, o que ocasiona perda de área da ordem de 20% (OLITTA, 1987). As suas principais vantagens são a economia de mão-de-obra na irrigação de áreas extensas e a alta eficiência e uniformidade de aplicação. Neste sistema, o coeficiente de uniformidade de aplicação atinge valores superiores a 85%, e, quando bem dimensionado e operado, esse limite ultrapassa os 90%. No entanto, se o equipamento não for bem dimensionado e operado, pode apresentar uniformidade de aplicação inferior a 70%, chegando até mesmo a diminuir o rendimento da cultura sob ele instalada.

O principal parâmetro que descreve a uniformidade da irrigação é o coeficiente de uniformidade de Christiansen – CUC (CHRISTIANSEN, 1942). BERNARDO (1995) descreve a metodologia para a avaliação da uniformidade de sistemas de irrigação por aspersão por pivô central. Esta metodologia envolve a coleta de água aplicada em uma quantidade de pluviômetros estrategicamente distribuídos ao longo da área. Posteriormente, é feita a ponderação dos volumes coletados em função da área aplicada. O cálculo do CUC é feito de acordo com a equação:

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - Y_m|}{nY_m} \right]$$

em que

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

Y_i = lâmina de água coletada no i – ésimo coletor, em mm;

Y_m = lâmina média coletada, em mm; e

n = número de coletores.

HEERMANN e HEIN (1968) modificaram a equação do CUC para avaliar sistemas de irrigação por pivô central. Os pluviômetros distribuídos radialmente representam segmentos circulares de áreas crescentes e, por isso, devem ser ponderados. Sendo assim, propuseram a seguinte equação:

$$CUHH = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n S_i |Y_i - Y_p|}{\sum_{i=1}^n S_i Y_i} \right]$$

em que

$CUHH$ = CUC, modificado por Heermann e Hein, em %;

S_i = número de ordem do coletor i ; e

Y_p = lâmina média ponderada, coletada em mm.

A lâmina média ponderada é calculada pela equação:

$$Y_p = \left[\frac{\sum_{i=1}^n Y_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \right]$$

Em trabalhos realizados para avaliar a influência do espaçamento entre coletores no CUC em pivô central, HEINEMAM (1996) concluiu que não houve efeito significativo dos espaçamentos entre os coletores sobre o coeficiente de uniformidade.

2.7. Uniformidade de distribuição do princípio ativo

Independentemente do processo utilizado na aplicação de defensivos agrícolas, há necessidade de estabelecer parâmetros que permitam a avaliação do tratamento realizado, pelo menos do ponto de vista da técnica de aplicação (BALASTREIRE, 1990).

Na aplicação convencional, o número de gotas por unidade de superfície constitui um parâmetro que permite, de certa forma, avaliar a homogeneidade da cobertura. Em termos práticos, esse é um dos parâmetros que, no campo, oferecem condições para que o próprio aplicador de fitossanitários possa manter controle sobre a qualidade da aplicação que se está realizando (BARTHELEMY et al., 1990). Para isso, basta apenas que se disponha de algumas amostras de papel hidrossensível para verificar o número de impactos por unidade de superfície. Também outros parâmetros, como espectro de gotas e cobertura, são bons indicadores da eficiência da aplicação.

Entretanto, no caso da quimigação, os parâmetros de avaliação são outros. A uniformidade de distribuição do defensivo químico solúvel em água é proporcional à uniformidade de distribuição de água determinada pelo sistema de irrigação (DOWELANCO INDUSTRIAL, 1992). Outros autores também relacionam a uniformidade de distribuição do defensivo à uniformidade de distribuição de água, porém poucos são os estudos que comprovam essa informação.

Os produtos químicos aplicados via água de irrigação nunca serão mais bem distribuídos do que a água de irrigação. Assim, o problema de se obter boa distribuição dos produtos começa pela obtenção de boa uniformidade de distribuição de água. O coeficiente de uniformidade mínimo recomendável para pivô central é de 80% (BERNARDO, 1995).

Vários são os fatores que afetam a uniformidade de distribuição, destacando-se entre eles as condições climáticas e o manejo de irrigação (MOREIRA e STONE, 1994). CRUZ (1997), estudando a distribuição horizontal do inseticida chlorpyrifos aplicado via pivô central na cultura do milho, concluiu

que a uniformidade de distribuição do inseticida (CUC = 87,8%) foi praticamente igual à uniformidade de distribuição da água de irrigação (CUC = 91,08%).

Para a avaliação em campo dos tratamentos fitossanitários, adotam-se critérios baseados na análise de distribuição do produto sobre a cultura, a qual é realizada no período de plena vegetação. Os métodos usuais são baseados na análise visual, na mensuração ótica e nas análises químicas (SALYANI e WHITNEY, 1988). A análise visual é um método rápido e fácil, entretanto de pouca precisão. Já os métodos que envolvem análises químicas e analisadores de imagens são mais precisos.

Dentre os métodos modernos de análise, a cromatografia ocupa um lugar de destaque, pela facilidade em efetuar a separação, a identificação e a quantificação das espécies químicas, por si mesma ou em conjunto com outras técnicas instrumentais de análise (COLLINS, 1997).

Os métodos cromatográficos podem classificar-se de acordo com a natureza das fases móvel e estacionária. De maneira geral, na cromatografia em fase gasosa, a fase móvel é um gás. Na cromatografia líquida, a fase móvel é um líquido. A utilização de cada um desses métodos depende das características do composto a ser analisado, como a volatilidade, por exemplo (GONÇALVES, 1996).

A cromatografia em fase gasosa é um método físico-químico de separação dos componentes de uma mistura, realizada através da distribuição desses componentes entre duas fases. Uma das fases permanece estacionária, enquanto a outra se move através dela. A amostra, através de um sistema de injeção, é introduzida em uma coluna contendo a fase estacionária. O uso de temperaturas adequadas, no local de injeção da amostra e na coluna, possibilita a vaporização dessas substâncias, que, de acordo com suas propriedades e as da fase estacionária, são retidas por tempo determinado e chegam à saída da coluna em tempos diferentes. O uso de um detector adequado na saída torna possível a detecção e quantificação dessas substâncias (BONATO, 1997).

A cromatografia em fase gasosa é dividida em duas categorias: cromatografia gás-líquido, na qual ocorre a partição de uma amostra entre uma

fase gasosa móvel e uma delgada camada de líquido não-volátil que recobre um suporte inerte; e a cromatografia gás-sólido, que emprega um sólido com grande área superficial como a fase estacionária. A primeira é de uso mais difundido em todos os campos da ciência, em razão da maior aplicabilidade (SKOOG et al., 1992).

Um cromatógrafo a gás é constituído essencialmente das seguintes partes (VOGEL, 1992):

- Gás de arraste: deve ser inerte, sendo o hélio, o nitrogênio, o hidrogênio e o argônio os mais usados. A escolha depende da disponibilidade, da pureza e do tipo de detector empregado.
- Sistema de injeção: foram desenvolvidos diversos dispositivos para a introdução da amostra, mas as aplicações principais envolvem amostras líquidas que são introduzidas através de microsseringas. A temperatura do injetor deve ser tal que o líquido seja rapidamente vaporizado.
- Coluna cromatográfica: a separação efetiva dos componentes da amostra é efetuada na coluna, sendo o tipo e a quantidade da fase líquida, o método de recheio, o comprimento da coluna e a temperatura fatores importantes para se ter a resolução desejada.
- Detector: a função do detector, situado na saída da coluna de separação, é a de sensoriar e medir a quantidade de material separado, presente na corrente de gás de arraste que eflui da coluna. O sinal na saída é registrado na forma de um gráfico, denominado cromatograma. A escolha do detector depende do nível de concentração a ser medido e da natureza dos compostos separados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no campo, durante a estação de inverno do ano de 1999, em área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, município de Coimbra, MG, à altitude de 716 m, longitude de 42° 48' S e latitude de 20° 51' W. O solo foi caracterizado como Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço.

3.2. Cultura

Utilizou-se o cultivar de feijão do tipo carioca Pérola, semeado em 28 de julho de 1999, no espaçamento entre fileiras de 0,45 m, com cerca de 15 sementes/m. O cultivar Pérola é originário da seleção de grãos claros do cultivar Aporé. Foi lançado em 1996, ocupando atualmente quase 70% da área cultivada com feijão do País. É de grande adaptação (indicado para 11 estados brasileiros), boa qualidade industrial e possibilita a colheita mecânica. Apesar do porte semi-prostrado (tipo III), produz ramas na parte superior da planta, que se entrelaçam, o que não o deixa tombar muito. Suas principais características são:

- **Origem:**

CNPAF/EMBRAPA

- **Características da planta:**

Porte: semi-ereto

Floração média: 46 dias

Ciclo de vida: 85-90 dias

- **Características do grão:**

Massa média de 100 sementes: 27 g

Grupo comercial: carioca

- **Reação a doenças:**

Resistente ao vírus-do-mosaico-comum (BCMV) e à ferrugem. Em condições de campo, é moderadamente resistente à murcha-de-fusarium e à mancha-angular. Possui resistência à raça alfa-Brasil TUS (TU suscetível) e suscetibilidade às raças alfa-Brasil, capa e zeta de *Colletotrichum lindemuthianum*, agente causador da antracnose.

3.3. Defensivo utilizado

O fungicida utilizado para o controle das doenças da parte aérea foi o epoxiconazol (Produto Comercial Opus® - BASF S.A.), na dose de 100 mL/ha do produto comercial. Trata-se de um fungicida sistêmico, com as seguintes características:

- Grupo químico: triazóis
- Fórmula molecular: $C_{17}H_{13}ClFN_3O$
- Formulação: suspensão concentrada
- Concentração: 125 g/L
- Toxicidade: classe I

- Solubilidade em água determinada a 20° C: 7,05 mg/L

O produto foi aplicado três vezes, a intervalos de 14 dias, a partir de 45 dias após a emergência. A aplicação do fungicida foi feita via água de irrigação e de forma convencional, mantendo-se a mesma dose. No controle convencional, o fungicida foi aplicado com pulverizador costal de pressão constante (CO₂), utilizando pontas de pulverização do tipo cone vazio, conforme recomendação de BLANCA (1997), com volume de calda de 300 L/ha e pressão de 4 bar.

3.4. Sistema de irrigação e injeção de defensivo agrícola

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo aspersão por pivô central (Figura 1). Utilizou-se um pivô de média pressão, marca ASBRASIL-VALMATIC, modelo LIGHT-PA3-VL-1-88. Suas características são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características do pivô central

Item	Característica
Tipo de emissor	Aspersor
Número de torres	01
Número de aspersores	14
Comprimento lateral, em m	82,6
Comprimento do balanço, em m	24
Comprimento até a torre, em m	57,9
Alcance total, em m	95,5
Altura livre do vão, em m	2,7
Área irrigada, em ha	2,9
Precipitação aplicada a 100%, em mm/volta	2,1
Velocidade de rotação a 100%, em m/h	125,45
Tempo gasto por volta a 100%, em h	2,9



Figura 1 - Aspecto do pivô central e das parcelas cobertas durante a fungigação.



Figura 2 - Detalhe da bomba injetora de defensivo e da caixa de pré-mistura.

A injeção do fungicida na água de irrigação foi realizada utilizando-se uma bomba hidráulica do tipo diafragma, modelo T.M.B. WP-60, com capacidade de injeção de 10 a 250 L/h (Figura 2). A bomba é acionada pela água de irrigação, trabalhando com pressão que pode variar de 1,8 a 8 bar. Antes da aplicação, o produto foi diluído em 500 litros de água.

O manejo da irrigação foi monitorado pelo Sistema de Suporte à Decisão Agrícola (SISDA), programa computacional desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

3.5. Avaliações

3.5.1. Uniformidade de distribuição de água e condições ambientes

A uniformidade de distribuição de água foi determinada durante as fungigações, seguindo-se metodologia sugerida pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1985), que consiste em coletar a água aplicada em coletores, distribuídos de maneira equidistante, a partir do centro do pivô, e numerados em ordem crescente.

Foram instalados 38 coletores, espaçados de dois metros entre si, a uma altura de captação de 50 cm em relação à superfície do solo, em cada posição da linha lateral. O volume coletado em cada ponto foi medido com provetas graduadas. Procurou-se fazer as medições rapidamente, com o objetivo de diminuir o efeito da evaporação. O volume coletado correspondeu à média dos coletores instalados à mesma distância do centro do pivô. Como os volumes coletados em cada coletor representavam áreas maiores, à medida que aumentava a distância a partir do centro do pivô, eles foram ponderados.

Para determinar o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), adotou-se a equação proposta por HEERMANN e HEIN (1968).

Durante as fungigações foram monitoradas também as condições climáticas. Utilizando-se uma estação meteorológica automatizada, mediram-se: velocidade do vento, temperatura ambiente e umidade relativa do ar.

3.5.2. Eficácia do fungicida no controle de doenças da parte aérea

A avaliação da eficácia do fungicida no controle das doenças da parte aérea do feijoeiro foi feita mediante a comparação da severidade de doenças entre parcelas tratadas com fungicida (fungigação e aplicação convencional) e parcelas não-tratadas (testemunha). As parcelas submetidas ao tratamento convencional e as testemunhas foram cobertas durante as fungigações.

A avaliação da severidade de doenças nas folhas, observada naturalmente no campo, foi realizada a partir do aparecimento dos primeiros sintomas e, depois, a intervalos de sete dias, totalizando três avaliações. Para isso, utilizaram-se as escalas diagramáticas propostas por GODOY et al. (1997). Estas escalas, específicas para as doenças do feijoeiro, levam em conta o mínimo e o máximo de sintomas encontrados no campo, representando os sintomas da forma mais próxima possível do observado nas plantas e com níveis intermediários que consideram as limitações da acuidade visual humana (Figuras 3 e 4).

Na avaliação, marcaram-se 10 plantas, escolhidas ao acaso em cada parcela, e, em cada planta, três folhas: uma na parte inferior, outra na parte intermediária e a terceira na parte superior da planta. A avaliação da severidade de doenças nas folhas foi feita aos 70, 77 e 84 dias após a emergência.

Avaliaram-se também a população final de plantas, produtividade e massa de 100 sementes, por ocasião da colheita. O ciclo de vida da cultura do feijão foi de 112 dias.

A população final de plantas, expressa em número de plantas por hectare, foi estimada contando-se o número de plantas na área útil de cada parcela. A produtividade da cultura foi estimada pesando-se os grãos colhidos nas parcelas experimentais, transformando os dados para kg/ha, a 12% de umidade (b.u.).

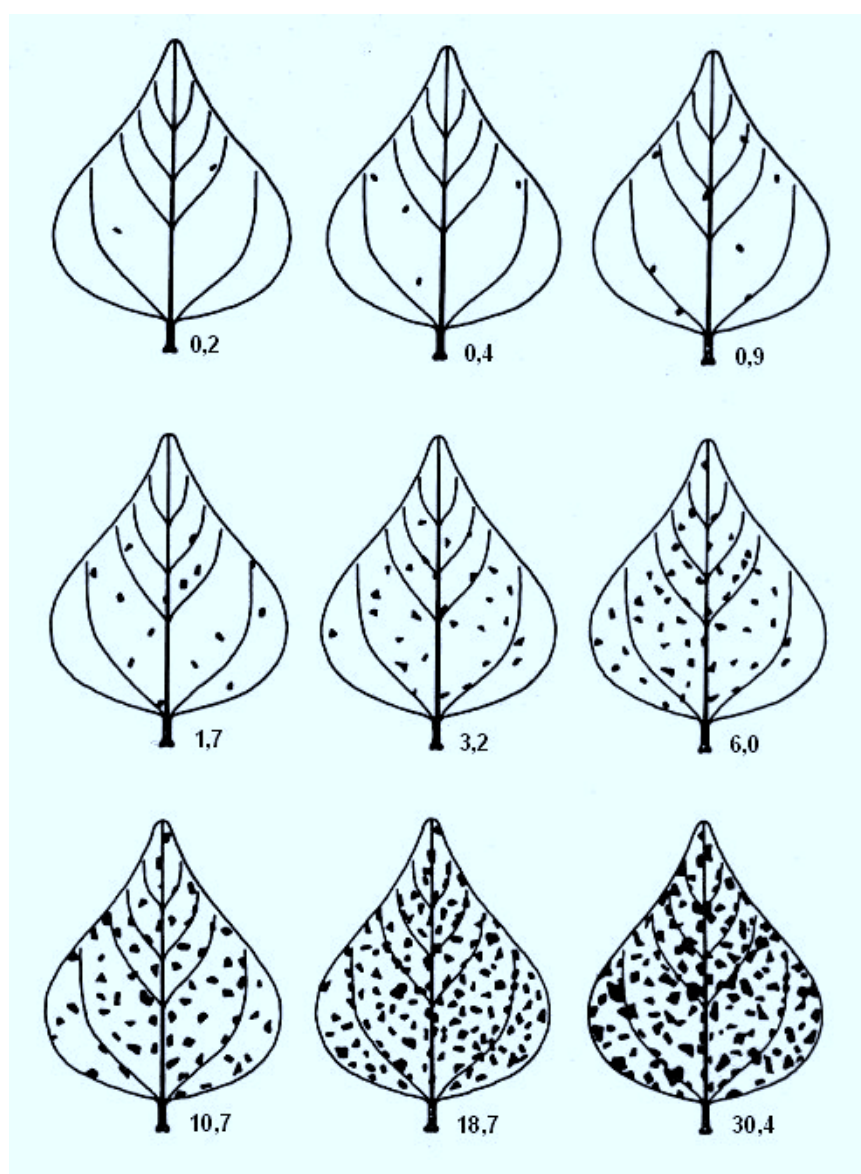


Figura 3 - Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha-angular (percentagem de área foliar afetada).

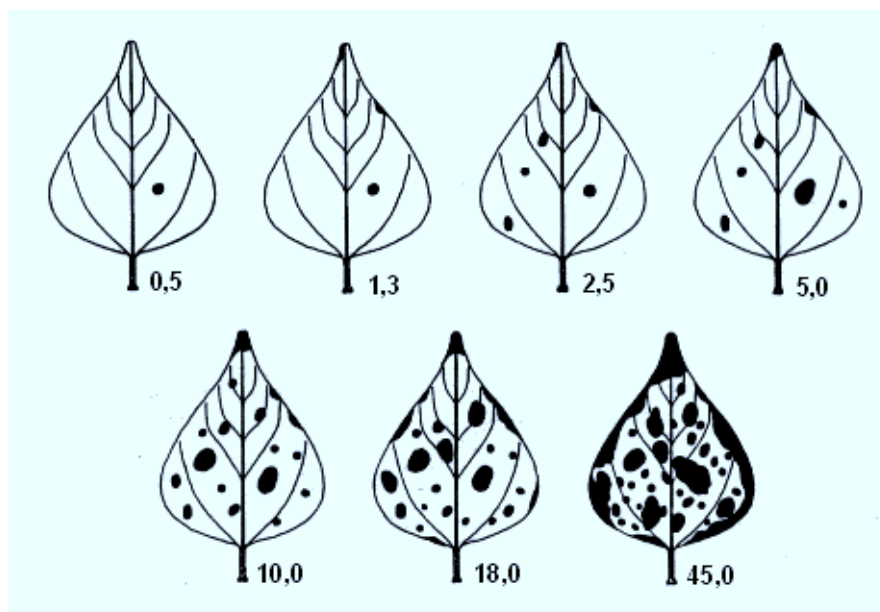


Figura 4 - Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha-de-alternária (percentagem de área foliar afetada).

3.5.3. Influência da lâmina de água na fungigação

As aplicações de fungicida via água de irrigação foram feitas nas seguintes lâminas de água: 3, 5 e 7 mm. Para isso, variou-se o percentímetro do pivô central, mantendo-se constante a quantidade de fungicida aplicado por área.

3.5.4. Influência do sistema de cultivo no controle de doenças

A área irrigada pelo pivô central foi dividida em duas partes: uma para o sistema de plantio convencional e a outra para o sistema de plantio direto (Figura 5 e Quadro 2).

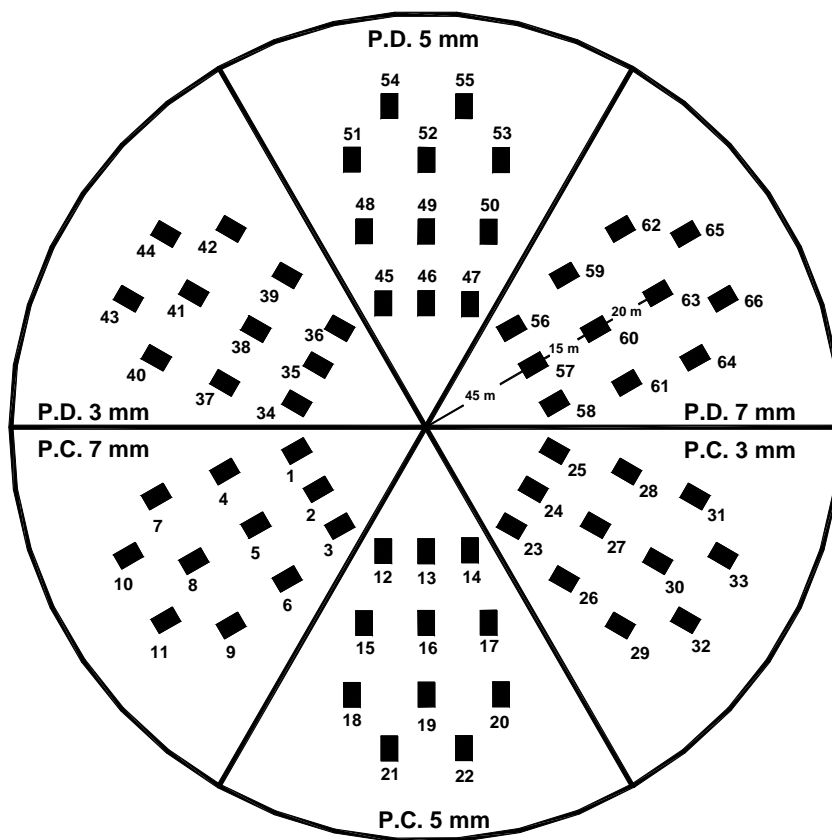


Figura 5- Esquema das parcelas no campo experimental.

Quadro 2 - Características das parcelas avaliadas no campo experimental

PARCELAS	FATORES EM ESTUDO			
	Método de aplicação	Sistema de cultivo	Posição	Lâmina
1, 2, 3	Fungigação	Plantio convencional	1	7 mm
4, 5, 6			2	
7, 8, 9			3	
12, 13, 14			1	5 mm
15, 16, 17			2	
18, 19, 20			3	
23, 24, 25		1	3 mm	
26, 27, 28		2		
29, 30, 31		3		
34*, 35*, 36*		Plantio direto	1	3 mm
37*, 38*, 39*			2	
40*, 41*, 42*			3	
45*, 46*, 47*			1	5 mm
48*, 49*, 50*			2	
51*, 52*, 53*			3	
56*, 57*, 58*		1	7 mm	
59*, 60*, 61*		2		
62*, 63*, 64*		3		
10, 21, 32	Convencional	Plantio convencional	-	-
43, 54, 65		Plantio direto	-	-
11, 22, 33	Sem aplicação	Plantio convencional	-	-
44, 55, 66		Plantio direto	-	-

* Posições onde as folhas foram coletadas para análise da uniformidade de distribuição.

O preparo do solo na semeadura convencional do feijão foi realizado com uma aração e duas gradagens. A adubação foi realizada utilizando-se 700 kg/ha do formulado 4-14-8, no plantio, e 45 kg/ha de nitrogênio em cobertura, na forma de uréia, aos 23 dias após a emergência.

Realizou-se o controle de plantas daninhas e de insetos usando defensivos químicos: herbicida pré-emergente metolaclor (produto comercial Dual 960 CE, na dose de 2,5 L/ha), aplicado via pivô central na lâmina de água média de 10 mm; herbicida pós-emergente fomesafen (produto comercial Flex, na dose de 0,9 L/ha), aplicado via pivô central na lâmina de água média de 6 mm; e inseticida deltamethrine (produto comercial Decis, na dose de 150 mL/ha), aplicado via pivô central na lâmina média de 6 mm.

No plantio direto, a semeadura foi realizada sobre restos de cultura do milho, após a aplicação do herbicida glifosato. Foi utilizada a mesma adubação e os mesmos defensivos usados no plantio convencional.

3.5.5. Uniformidade de distribuição do fungicida aplicado via água de irrigação ao longo da área tratada

A determinação da uniformidade de distribuição do fungicida, aplicado via água de irrigação, ao longo da área tratada foi realizada quantificando-se o resíduo do epoxiconazol em amostras de folhas de feijão submetidas à fungigação, nas diferentes lâminas de água. Essas folhas foram coletadas em diferentes posições ao longo da área tratada, de acordo com a Figura 5.

Marcaram-se 10 plantas, escolhidas ao acaso em cada parcela, e, em cada planta, três folhas foram coletadas: uma na parte inferior, outra na parte intermediária e a terceira na parte superior da planta. Foram coletadas três amostras em cada posição (45, 60 e 80 m de distância em relação ao centro do pivô central), em três lâminas de água, totalizando 27 amostras. As folhas foram coletadas logo após a aplicação do fungicida e, em seguida, refrigeradas, para posterior análise.

Para quantificação do resíduo de fungicida em relação à área foliar, determinou-se inicialmente a área foliar de cada amostra, mediante o programa computacional de análise de imagens “Image Tool”.

3.5.5.1. Análise química de folhas

A determinação da concentração do epoxiconazol nas amostras de folhas baseou-se na metodologia proposta por TILTING (1994), com algumas alterações:

1ª Fase – Extração

- Pesaram-se 15 g de folhas.
- Adicionaram-se 100 mL da mistura metanol e água (8+2 v/v).
- Macerou-se por três minutos.
- Filtrou-se a solução.
- Evaporou-se o metanol, utilizando um evaporador rotativo.
- Ajustou-se a quantidade da fase aquosa para 50 g.

2ª Fase – Precipitação com hidróxido de cálcio

- Adicionaram-se 25 mL de metanol e 2,5 g de Ca(OH)_2 à solução aquosa obtida anteriormente.
- Agitou-se a suspensão por 30 s, deixando-a em repouso por 30 min.
- Evaporou-se o metanol da solução sobrenadante, utilizando um evaporador rotativo.

3ª Fase – Partição

- Transferiu-se a solução aquosa obtida anteriormente para um funil de separação, adicionando-se 50 mL de hexano.
- Repetiu-se a extração, combinando as fases de hexano.
- Evaporou-se o hexano, obtendo-se o resíduo.

4ª Fase – Purificação em coluna cromatográfica

- Colocaram-se 2 g de sílica-gel 60 para cromatografia (70-230 mesh) na coluna cromatográfica (0,8 cm de diâmetro e 25 cm de comprimento).
- Transferiu-se o resíduo obtido na partição com 15 mL de hexano para a coluna.
- Eluíram-se os contaminantes com 20 mL da mistura hexano+acetona (93+7 v/v), descartando-se o eluente.
- Utilizaram-se 25 mL de hexano+acetona (80+20 v/v) para eluir o ingrediente ativo, coletando-se o eluente.
- Evaporou-se a solução, utilizando um evaporador rotativo.
- Dissolveu-se o resíduo em 2 mL de acetona e evaporou-se o solvente.
- Dissolveu-se o resíduo em 0,5 mL de hexano+acetona (9+1 v/v).

5ª Fase - Quantificação do epoxiconazol por cromatografia em fase gasosa

O cromatógrafo a gás, modelo GC 17A (Ver.3) SHIMADZU, equipado com detector de ionização de chama (FID), foi preparado para operar com as seguintes características:

- Coluna capilar SPB-5, com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e espessura do filme de 0,25 μm .
- Gás de arraste: nitrogênio.
- Fluxo do gás de arraste: 1,17 mL/min.
- Temperatura de injeção: 270°C.
- Temperatura da coluna: 250°C.
- Temperatura do detector: 300°C.

A curva de calibração foi obtida por meio de soluções-padrão de 20, 40 e 60 ppm. Com os dados obtidos nos cromatogramas (Figura 6), resultantes da injeção de 1 microlitro de cada amostra, e de posse da curva de calibração, determinou-se a concentração do epoxiconazol nas amostras, transformando os dados para unidade de massa em relação à área foliar ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).

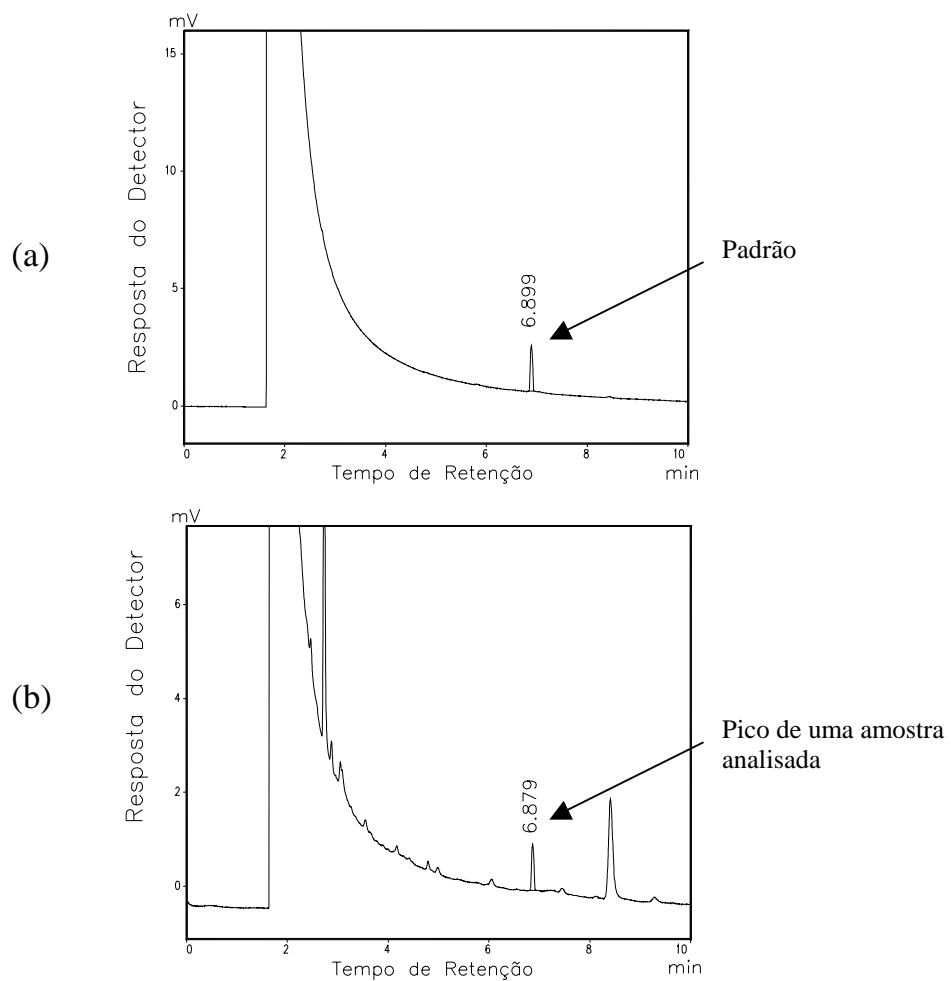


Figura 6 - Cromatogramas da solução-padrão (40 ppm) de epoxiconazol (a) e de uma amostra analisada (b).

3.6. Aplicação do fungicida

O fungicida epoxiconazol foi aplicado três vezes, tanto no método convencional como via água de irrigação, a intervalos de 14 dias. A primeira aplicação foi feita em 20/9/99; a segunda, em 04/10/99; e a terceira, em 18/10/99.

A temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento durante as aplicações do fungicida são apresentadas nas Figuras 7, 8 e 9. É possível perceber que, de maneira geral, as condições eram favoráveis à aplicação de defensivos químicos: temperatura inferior a 28°C, umidade relativa superior a 60% e velocidade do vento menor que 3 m/s.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), determinado durante as operações de fungigação, foi de 87% para a primeira aplicação, 84% para a segunda e 88% para a terceira, encontrando-se dentro dos padrões aceitáveis para sistemas de irrigação do tipo pivô central.

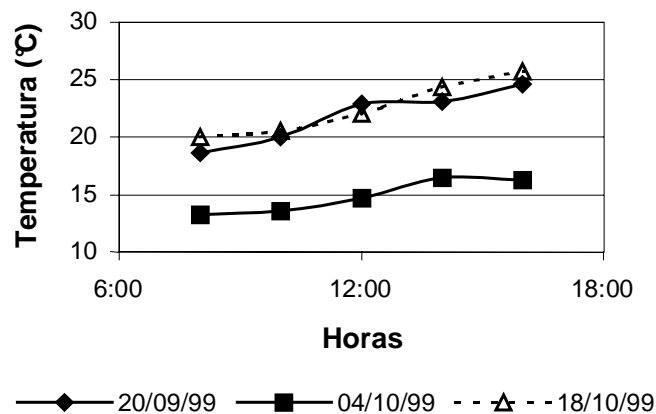


Figura 7 - Temperatura do ar durante as aplicações do fungicida (°C).

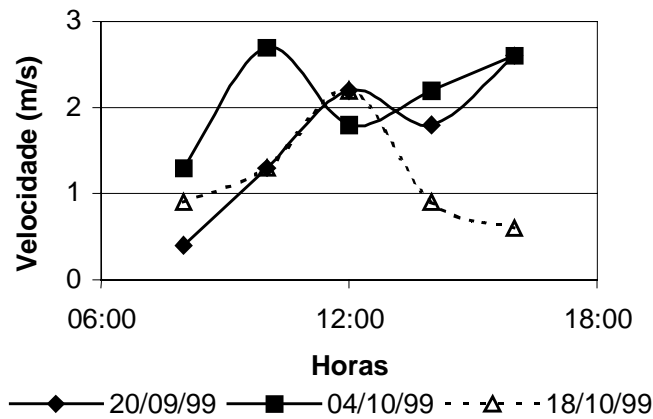


Figura 8 - Velocidade do vento durante as aplicações do fungicida (m/s).

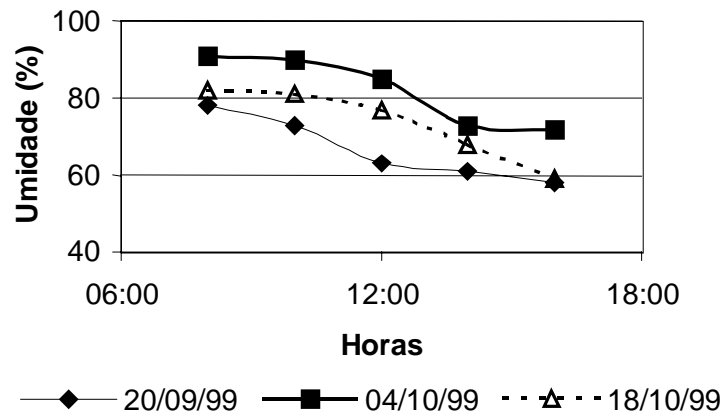


Figura 9 - Umidade relativa do ar durante as aplicações do fungicida (%).

3.7. Parcela e delineamento estatístico

A parcela experimental foi de 5,4 m² (3 m x 1,8 m), sendo constituída de quatro fileiras de três metros de comprimento, espaçadas de 0,45 m. Para a análise estatística dos dados da uniformidade de distribuição do fungicida aplicado via água de irrigação, ao longo da área tratada, considerou-se o experimento em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As lâminas de água (3, 5 e 7 mm) constituíram

as parcelas e as três posições ao longo do raio do pivô (45, 60 e 80 m em relação ao centro do pivô central) as subparcelas, resultando em nove tratamentos.

Os dados de severidade de doenças, produtividade, massa de 100 sementes e população final de plantas foram analisados por meio de estatística descritiva, determinando-se as médias e os erros-padrão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à avaliação da severidade de doenças, da produtividade da cultura, da massa de 100 sementes e da população final de plantas são apresentados nos Quadros 3, 4 e 5.

A mancha-angular e a mancha-de-alternária foram as doenças que atacaram o feijoeiro com maior severidade. Em algumas áreas isoladas também houve pequena incidência de antracnose. Nas testemunhas, a percentagem de área foliar afetada pela mancha-angular variou de 2,70%, aos 70 dias após a emergência (DAE), a 6,33%, aos 84 DAE (Quadro 3). No caso da mancha-de-alternária, a severidade variou de 3,5%, aos 70 DAE, a 8,50%, aos 84 DAE (Quadro 4).

Na primeira avaliação, aos 70 DAE (Quadro 3), a área foliar infectada pela mancha-angular nos tratamentos variou de 0,13% a 3,60%; na segunda, aos 77 DAE, de 0,37% a 5,00%; e na terceira, aos 84 DAE, de 0,77% a 6,33%. As maiores percentagens foram verificadas no final do ciclo de vida da cultura, em parcelas de plantio direto que não receberam fungicida. As menores percentagens foram verificadas na primeira avaliação, em parcelas de plantio convencional que receberam a aplicação convencional de fungicida.

A área foliar infectada pela mancha-de-alternária (Quadro 4), na primeira avaliação, variou de 0,43% a 5,33%; na segunda, de 1,20% a 7,33%; e na terceira, de 1,77% a 8,50%. As maiores severidades também foram verificadas

no final do ciclo de vida da cultura, em parcelas de plantio direto que não receberam fungicida.

A produtividade do feijoeiro variou de 1.712 a 2.626 kg/ha. As menores produtividades foram verificadas em áreas de plantio convencional e sem a aplicação de fungicida, e as maiores, em áreas de plantio direto e com a aplicação de fungicida (Quadro 5).

Quadro 3 - Severidade da mancha-angular do feijoeiro, nos plantios convencional e direto, em diferentes lâminas de água e posições em relação ao centro do pivô, nos diferentes tratamentos fungicidas

SEVERIDADE DA MANCHA-ANGULAR** (PERCENTAGEM DE ÁREA FOLIAR AFETADA)						
Tratamento*	1ª AVALIAÇÃO		2ª AVALIAÇÃO		3ª AVALIAÇÃO	
	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média
PC+L3+P1	0,37	0,03	0,83	0,03	1,37	0,17
PC+L3+P2	0,50	0,06	0,87	0,03	1,53	0,17
PC+L3+P3	0,43	0,03	0,93	0,03	1,67	0,03
PC+L5+P1	0,37	0,03	0,90	0,00	1,10	0,10
PC+L5+P2	0,30	0,10	0,83	0,03	1,53	0,17
PC+L5+P3	0,33	0,03	0,87	0,03	1,53	0,17
PC+L7+P1	0,43	0,03	0,93	0,03	1,17	0,27
PC+L7+P2	0,33	0,03	1,03	0,09	1,53	0,17
PC+L7+P3	0,43	0,03	0,97	0,03	1,53	0,17
PD+L3+P1	0,50	0,06	0,90	0,00	1,60	0,06
PD+L3+P2	0,53	0,03	0,93	0,03	1,70	0,00
PD+L3+P3	0,53	0,03	0,97	0,12	1,57	0,09
PD+L5+P1	0,53	0,03	0,87	0,03	1,73	0,03
PD+L5+P2	0,53	0,07	0,87	0,03	1,73	0,15
PD+L5+P3	0,50	0,06	0,93	0,03	1,83	0,07
PD+L7+P1	0,40	0,12	1,00	0,06	1,80	0,10
PD+L7+P2	0,37	0,09	0,93	0,03	1,43	0,27
PD+L7+P3	0,43	0,03	0,93	0,03	1,80	0,10
PC+Conv.	0,13	0,07	0,37	0,09	0,77	0,09
PD+Conv.	0,27	0,03	0,43	0,03	0,97	0,07
PC+Testemunha	2,70	0,50	3,73	0,27	5,67	0,33
PD+Testemunha	3,60	0,23	5,00	0,58	6,33	0,33

* PC = plantio convencional.

PD = plantio direto.

L3 = fungigação com lâmina de 3 mm.

L5 = fungigação com lâmina de 5 mm.

L7 = fungigação com lâmina de 7 mm.

P1 = posição 1 (45 m do centro do pivô central).

P2 = posição 2 (60 m do centro do pivô central).

P3 = posição 3 (80 m do centro do pivô central).

Conv. = pulverização do fungicida com pulverizador costal a pressão constante.

Testemunha = sem aplicação de fungicida.

** A primeira avaliação foi feita aos 70 DAE; a segunda, aos 77 DAE; e a terceira, aos 84 DAE.

Quadro 4 - Severidade da mancha-angular do feijoeiro, nos plantios convencional e direto, em diferentes lâminas de água e posições em relação ao centro do pivô, nos diferentes tratamentos fungicidas

SEVERIDADE DA MANCHA-DE-ALTERNÁRIA (PERCENTAGEM DE ÁREA FOLIAR AFETADA)						
Tratamento*	1ª AVALIAÇÃO		2ª AVALIAÇÃO		3ª AVALIAÇÃO	
	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média
PC+L3+P1	0,77	0,27	1,53	0,23	1,83	0,33
PC+L3+P2	0,77	0,39	1,70	0,40	2,00	0,29
PC+L3+P3	0,93	0,23	1,77	0,23	2,17	0,33
PC+L5+P1	0,77	0,39	1,77	0,23	2,17	0,33
PC+L5+P2	0,93	0,23	1,53	0,23	1,83	0,17
PC+L5+P3	0,50	0,29	1,53	0,23	1,83	0,33
PC+L7+P1	0,77	0,39	1,53	0,23	1,83	0,33
PC+L7+P2	0,43	0,43	1,70	0,40	2,00	0,50
PC+L7+P3	0,93	0,23	1,93	0,35	2,33	0,17
PD+L3+P1	1,20	0,10	2,33	0,17	2,67	0,60
PD+L3+P2	1,70	0,40	2,33	0,33	2,50	0,29
PD+L3+P3	1,10	0,10	2,17	0,17	2,50	0,58
PD+L5+P1	1,20	0,10	2,33	0,17	2,83	0,33
PD+L5+P2	1,43	0,58	2,50	0,50	2,67	0,44
PD+L5+P3	1,43	0,30	2,33	0,17	2,50	0,00
PD+L7+P1	1,53	0,23	2,67	0,17	3,17	0,33
PD+L7+P2	1,20	0,10	2,33	0,17	2,50	0,50
PD+L7+P3	1,60	0,46	2,67	0,44	3,00	0,50
PC+Conv.	0,67	0,17	1,20	0,10	1,77	0,23
PD+Conv.	0,83	0,17	1,37	0,07	1,93	0,35
PC+Testemunha	3,50	0,50	4,67	0,33	5,67	0,33
PD+Testemunha	5,33	0,33	7,33	0,17	8,50	0,76

* PC = plantio convencional.

PD = plantio direto.

L3 = fungigação com lâmina de 3 mm.

L5 = fungigação com lâmina de 5 mm.

L7 = fungigação com lâmina de 7 mm.

P1 = posição 1 (45 m do centro do pivô central).

P2 = posição 2 (60 m do centro do pivô central).

P3 = posição 3 (80 m do centro do pivô central).

Conv. = pulverização do fungicida com pulverizador costal a pressão constante.

Testemunha = sem aplicação de fungicida.

** A primeira avaliação foi feita aos 70 DAE; a segunda, aos 77 DAE; e a terceira, aos 84 DAE.

Quadro 5 - População final de plantas, massa de 100 sementes e produtividade do feijoeiro, nos plantios convencional e direto, em diferentes lâminas de água e posições em relação ao centro do pivô, nos diferentes tratamentos fungicidas

Tratamento*	População final de plantas (plantas / 5,4 m ²)		Massa de 100 sementes** (g)		Produtividade** (kg/ha)	
	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média
PC+L3+P1	107	3,67	28,19	0,54	1.912	81
PC+L3+P2	115	6,11	27,34	1,17	1.864	61
PC+L3+P3	113	6,94	27,47	1,42	1.860	66
PC+L5+P1	108	2,33	27,21	1,70	1.791	71
PC+L5+P2	105	3,21	26,95	1,51	1.853	84
PC+L5+P3	110	4,43	27,88	1,05	1.852	70
PC+L7+P1	107	2,65	26,09	1,71	1.872	61
PC+L7+P2	111	4,06	26,29	1,86	1.852	63
PC+L7+P3	107	1,15	27,54	1,26	1.878	63
PD+L3+P1	114	1,20	26,06	1,43	2.484	100
PD+L3+P2	111	6,94	25,56	0,96	2.482	141
PD+L3+P3	111	4,62	26,25	1,28	2.539	72
PD+L5+P1	113	1,67	25,00	1,12	2.612	67
PD+L5+P2	111	5,36	25,68	0,97	2.618	121
PD+L5+P3	106	3,38	24,85	1,35	2.397	99
PD+L7+P1	106	4,73	25,27	1,30	2.626	79
PD+L7+P2	109	2,89	25,62	1,28	2.606	65
PD+L7+P3	122	0,58	24,89	1,50	2.476	67
PC+Conv.	115	7,81	28,42	0,42	1.907	53
PD+Conv.	118	2,33	25,61	1,34	2.562	59
PC+Testemunha	111	7,22	26,17	0,24	1.712	44
PD+Testemunha	117	3,71	23,66	0,28	2.297	51

* PC = plantio convencional.

PD = plantio direto.

L3 = fungigação com lâmina de 3 mm.

L5 = fungigação com lâmina de 5 mm.

L7 = fungigação com lâmina de 7 mm.

P1 = posição 1 (45 m do centro do pivô central).

P2 = posição 2 (60 m do centro do pivô central).

P3 = posição 3 (80 m do centro do pivô central).

Conv. = pulverização do fungicida com pulverizador costal a pressão constante.

Testemunha = sem aplicação de fungicida.

** Sementes com 12% de umidade (b.u.).

4.1. Eficiência dos métodos de aplicação do fungicida epoxiconazol no controle de doenças

Os resultados referentes à eficiência dos métodos de aplicação de fungicida convencional (pulverizador costal a pressão constante) e fungigação são apresentados nos Quadros 6, 7 e 8.

Observa-se, nos Quadros 6 e 7, que a mancha-angular e a mancha-de-alternária ocorreram em intensidade leve a moderada. Apesar disso, observaram-se diferenças entre as parcelas tratadas com fungicida e as não-tratadas. Houve aumento da severidade das doenças com o avanço do ciclo de vida da cultura.

As duas formas de aplicação de fungicida reduziram a severidade da mancha-angular. A aplicação convencional reduziu a área foliar afetada pela mancha-angular de 4,51% para 0,49%, na média das três avaliações, quando comparada à testemunha; a fungigação reduziu-a de 4,51% para 0,97% (Quadro 6).

Para a mancha-de-alternária, a redução da severidade proporcionada pelo fungicida aplicado pelo método convencional foi de 5,83% para 1,29%. Nas parcelas submetidas à fungigação, a redução foi de 5,83% para 1,82% (Quadro 7).

A aplicação convencional mostrou-se ligeiramente superior à fungigação na redução da severidade das duas doenças, mas as produtividades da cultura obtidas com essas duas formas de aplicação foram equivalentes.

De maneira geral, os dois métodos de aplicação do fungicida epoxiconazol resultaram em bom controle das duas doenças. ROCHA et al. (1999), avaliando o epoxiconazol na mesma dose (12,5 g i.a./ha) aplicado com pulverizador costal a CO₂, no controle de doenças na cultura do feijão, também demonstraram que ele controlou eficazmente a mancha-angular, sem fitotoxicidade para a cultura. Quanto à eficácia deste fungicida via água de irrigação, não se encontraram trabalhos a esse respeito na literatura.

Quadro 6 - Efeito do método de aplicação de fungicida no controle da mancha-angular do feijoeiro

AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DA MANCHA-ANGULAR* (PERCENTAGEM DE ÁREA FOLIAR AFETADA)						
Método de aplicação	1ª AVALIAÇÃO		2ª AVALIAÇÃO		3ª AVALIAÇÃO	
	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média
Fungigação	0,44	0,05	0,92	0,04	1,56	0,13
Aplicação convencional	0,20	0,05	0,40	0,06	0,87	0,08
Testemunha	3,15	0,37	4,37	0,42	6,00	0,33

* A primeira avaliação foi feita aos 70 DAE; a segunda, aos 77 DAE; e a terceira, aos 84 DAE.

Quadro 7 - Efeito do método de aplicação de fungicida no controle da mancha-de-alternária do feijoeiro

AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DA MANCHA-DE-ALTERNÁRIA* (PERCENTAGEM DE ÁREA FOLIAR AFETADA)						
Método de aplicação	1ª AVALIAÇÃO		2ª AVALIAÇÃO		3ª AVALIAÇÃO	
	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média
Fungigação	1,07	0,29	2,04	0,27	2,35	0,35
Aplicação convencional	0,75	0,17	1,28	0,08	1,85	0,29
Testemunha	4,42	0,42	6,00	0,25	7,08	0,55

* A primeira avaliação foi feita aos 70 DAE; a segunda, aos 77 DAE; e a terceira, aos 84 DAE.

Quadro 8 - Efeito do método de aplicação de fungicida na população final de plantas, massa de 100 sementes e produtividade do feijoeiro

Método de aplicação	População final de plantas (plantas / 5,4 m ²)		Massa de 100 sementes* (g)		Produtividade* (kg/ha)	
	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média
Fungigação	110	3,66	26,34	1,30	2.199	79,62
Aplicação convencional	117	5,07	27,02	0,88	2.235	56,16
Testemunha	114	5,47	24,91	0,26	2.004	47,30

* Sementes com 12% de umidade (b.u.).

A população final de plantas variou de 110 a 117 plantas/5,4 m² (Quadro 8), ou seja, de 204 a 217 mil plantas/ha, situando-se dentro da população de plantas recomendadas para a cultura do feijão (VIEIRA, 1978). A massa de 100 sementes variou de 24,91 a 27,02 g. As parcelas tratadas com fungicida (aplicação convencional e fungigação) proporcionaram, em média, uma massa 7,11% superior à da testemunha, o que demonstra ser a massa das sementes um dos componentes da produtividade influenciado positivamente pelo controle de doenças.

A produtividade das parcelas tratadas com fungicida foi 10,6% superior, em relação à testemunha. Provavelmente, se a infecção fosse mais severa e mais precoce, haveria maiores diferenças de produtividade entre parcelas tratadas e não-tratadas. Alguns fungicidas, além de controlarem doenças, retardam a senescência das folhas, permitindo maior atividade fotossintética e, conseqüentemente, maior produtividade. MENEZES (1996) e MOLIN et al. (1999) também constataram aumento de produtividade de feijoeiros tratados com fungicida em relação a feijoeiros não-tratados.

4.2. Efeito do sistema de cultivo no controle de doenças e na produtividade do feijoeiro

Os resultados referentes à influência dos sistemas de plantio sobre a severidade da mancha-angular e da mancha-de-alternária no feijoeiro são apresentados nas Figuras 10 e 11.

Analisando os dados das testemunhas, percebe-se severidade leve a moderada da mancha-angular e da mancha-de-alternária, tanto em plantio direto como em plantio convencional. Por se tratar do primeiro plantio direto de feijão na área experimental, não havia restos culturais de feijão infectados com doenças na superfície do solo. Os problemas fitossanitários geralmente agravam-se a partir do segundo ano de cultivo consecutivo. No sistema de plantio direto, os restos culturais são deixados na superfície do solo, aumentando o período de

sobrevivência de alguns patógenos e acarretando maior severidade de doenças na safra seguinte, se o planejamento de rotação de culturas não for adequado. Doenças como a mancha-angular e a mancha-de-alternária têm nos restos de cultura seu principal meio de sobrevivência (VIEIRA e PAULA Jr., 1998).

MENEZES (1996), avaliando o controle da mancha-angular na cultura de feijão irrigado, verificou a semelhança entre os sistemas de cultivo quanto à severidade de doenças no primeiro ano de plantio. O autor afirmou que o aumento de 23% na produtividade do feijoeiro cultivado no sistema de plantio direto no primeiro ano, provavelmente, foi conseqüência de outras vantagens agronômicas do sistema de cultivo.

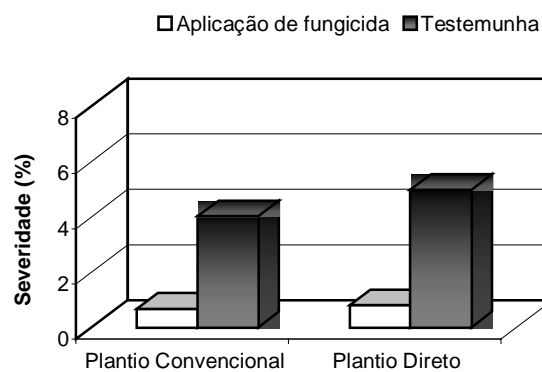


Figura 10 - Efeito dos sistemas de cultivo e do uso de fungicida na severidade da mancha-angular (percentagem de área foliar afetada).

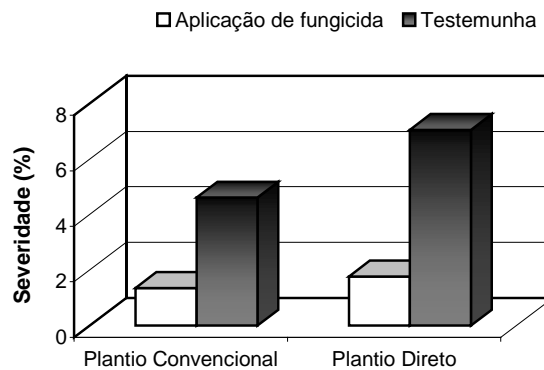


Figura 11 - Efeito dos sistemas de cultivo e do uso de fungicida na severidade da mancha-de-alternária (percentagem de área foliar afetada).

Com relação às doenças nos dois sistemas de cultivo, verificou-se redução da severidade delas com a utilização do fungicida. A aplicação de fungicida (média dos dois métodos de aplicação) reduziu a percentagem de área foliar afetada pela mancha-angular de 4,03% (parcelas não-tratadas) para 0,67% (parcelas tratadas), na média das três avaliações em plantio convencional; e de 4,98% (parcelas não-tratadas) para 0,80% (parcelas tratadas), em plantio direto. Para a mancha-de-alternária, a redução foi de 4,61% para 1,35% e de 7,05% para 1,77%, respectivamente.

Os resultados referentes ao efeito dos sistemas de cultivo na produtividade encontram-se na Figura 12. Observa-se que houve influência do sistema de cultivo. O plantio direto proporcionou, em média, produtividade 35% superior à obtida no plantio convencional. Independentemente da aplicação de fungicida, o plantio sobre os restos da cultura anterior proporcionou ganhos de produtividade.

SILVEIRA e SILVA (1996) também verificaram, no período de outono-inverno, que o plantio direto proporcionou produtividade de feijão superior à obtida no preparo convencional. Entretanto, os resultados de pesquisa referentes ao efeito do sistema de plantio sobre a produtividade do feijoeiro são divergentes. Alguns trabalhos têm mostrado que a produtividade no plantio direto somente

supera a do convencional após o terceiro ano de cultivo. Outros trabalhos, porém, demonstram a superioridade do plantio direto já no primeiro ano de cultivo.

A massa de 100 sementes sofreu influência do sistema de cultivo. Em média, a massa de 100 sementes no plantio convencional foi 9,5% superior em relação à do plantio direto (Figura 13).

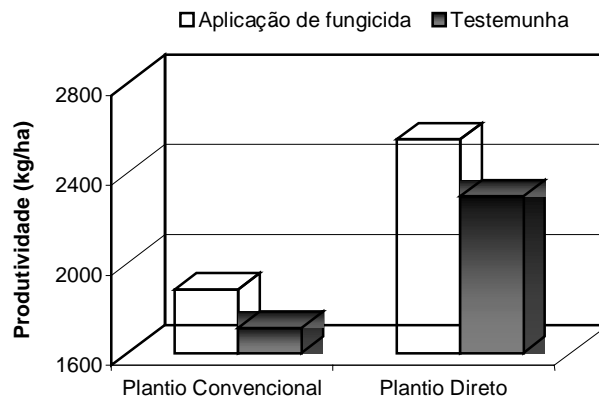


Figura 12 - Efeito dos sistemas de cultivo e do uso de fungicida na produtividade do feijoeiro.

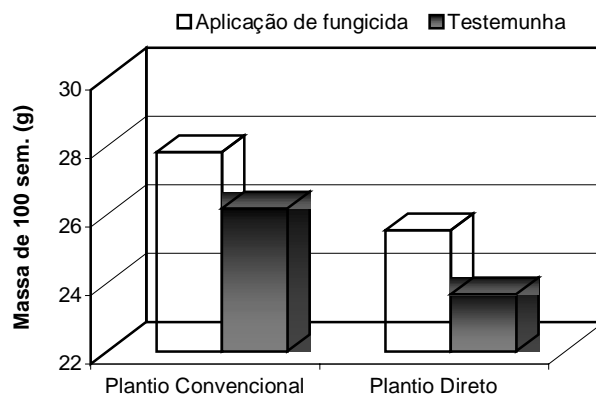


Figura 13 - Efeito dos sistemas de cultivo e do uso de fungicida na massa de 100 sementes.

4.3. Efeito da lâmina de água na eficiência da fungigação

Os resultados referentes à influência das lâminas de água utilizadas durante a aplicação do fungicida sobre o controle da mancha-angular e da mancha-de-alternária são apresentados nos Quadros 9, 10 e 11.

A severidade da mancha-angular, observada durante a primeira avaliação nas diferentes lâminas de fungigação (Quadro 9), variou de 0,40% a 0,48%; na segunda, de 0,88% a 0,97%; e na terceira, de 1,54% a 1,58%. Para a mancha-de-alternária (Quadro 10), na primeira avaliação a severidade variou de 1,04% a 1,08%; na segunda, de 1,97% a 2,14%; e na terceira, de 2,28% a 2,47%. Esses resultados demonstram que as lâminas de 3, 5 e 7 mm não influenciaram o desempenho do fungicida epoxiconazol, aplicado via água de irrigação, no controle das duas doenças. A aplicação do fungicida, nas três lâminas de água, controlou as duas doenças, quando comparada à testemunha. VIEIRA e SUMNER (1999) mostram que a queda de eficiência da fungigação, de maneira geral, se dá com lâminas de água superiores a 8 mm.

De modo geral, os triazóis são de rápida absorção tanto foliar como por parte da raiz, e isso pode ter compensado o potencial de lavagem provocado pelo alto volume de água.

Esse resultado concorda com os dados apresentados por PINTO e COSTA (1992). Avaliando o efeito da lâmina de água na aplicação do fungicida hidróxido de trifetil estanho via aspersão convencional para o controle da brusone (*Pyricularia oryzae*) em arroz, esses autores verificaram não haver diferença na produção de grãos com as lâminas de 3, 6 e 9 mm.

Quadro 9 - Efeito da lâmina de água utilizada durante a fungigação no controle da mancha-angular do feijoeiro

AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DA MANCHA-ANGULAR* (PERCENTAGEM DE ÁREA FOLIAR AFETADA)						
Tratamento	1ª AVALIAÇÃO		2ª AVALIAÇÃO		3ª AVALIAÇÃO	
	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média
Lâmina (3 mm)	0,48	0,04	0,91	0,04	1,57	0,09
Lâmina (5 mm)	0,43	0,05	0,88	0,03	1,58	0,11
Lâmina (7 mm)	0,40	0,06	0,97	0,05	1,54	0,18
Testemunha	3,15	0,37	4,37	0,42	6,00	0,33

* A primeira avaliação foi feita aos 70 DAE; a segunda, aos 77 DAE; e a terceira, aos 84 DAE.

Quadro 10 - Efeito da lâmina de água utilizada durante a fungigação no controle da mancha-de-alternária do feijoeiro

AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DA MANCHA-DE-ALTERNÁRIA* (PERCENTAGEM DE ÁREA FOLIAR AFETADA)						
Tratamento	1ª AVALIAÇÃO		2ª AVALIAÇÃO		3ª AVALIAÇÃO	
	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média
Lâmina (3 mm)	1,08	0,25	1,97	0,26	2,28	0,40
Lâmina (5 mm)	1,04	0,32	2,00	0,26	2,31	0,27
Lâmina (7 mm)	1,08	0,31	2,14	0,29	2,47	0,39
Testemunha	4,42	0,42	6,00	0,25	7,08	0,55

* A primeira avaliação foi feita aos 70 DAE; a segunda, aos 77 DAE; e a terceira, aos 84 DAE.

Quadro 11 - Efeito da lâmina de água utilizada durante a fungigação na população final de plantas, massa de 100 sementes e produtividade do feijoeiro

Tratamento	População final de plantas (plantas / 5,4 m ²)		Massa de 100 sementes* (g)		Produtividade* (kg/ha)	
	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média	Média	Erro-padrão da média
Lâmina (3 mm)	112	4,91	26,81	1,13	2.190	86,76
Lâmina (5 mm)	109	3,40	26,26	1,28	2.187	85,60
Lâmina (7 mm)	110	2,67	25,95	1,48	2.218	66,48
Testemunha	114	5,47	24,91	0,26	2.004	47,30

* Sementes com 12% de umidade (b.u).

4.4. Uniformidade de distribuição do fungicida ao longo da área tratada, durante a quimigação

Observam-se, no Quadro 12, as concentrações do resíduo de fungicida nas folhas ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), em três posições e com a variação da lâmina de água. No Quadro 13 é apresentada a análise de variância.

Quadro 12 - Concentrações do fungicida nas folhas ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) obtidas com três lâminas de água e em três posições ao longo da área tratada

	Lâmina de água		
	3 mm	5 mm	7 mm
Posição 1	0,061	0,052	0,057
Posição 2	0,056	0,057	0,050
Posição 3	0,057	0,053	0,056

Quadro 13 - Análise de variância das concentrações do fungicida nas folhas ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) obtidas com três lâminas de água e em três posições ao longo da área tratada

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Lâminas (L)	2	0,00009607	0,00004804	1,99 ^{n.s.}
Resíduo (a)	6	0,00014445	0,00002408	
Parcelas	8	0,00024052		
Posições (P)	2	0,00002941	0,00001471	0,32 ^{n.s.}
L x P	4	0,00013904	0,00003476	0,76 ^{n.s.}
Resíduo (b)	12	0,00055022	0,00004585	
Total	26	0,00095919		
Média Geral = 0,055 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$				
C.V. = 10,97%				

A concentração média de epoxiconazol nas folhas foi de 0,055 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. É possível perceber, analisando o Quadro 13, que a interação (lâmina x posição) não foi significativa, bem como o efeito de lâmina e de posição. Conclui-se, portanto, que as concentrações do fungicida nas folhas foram semelhantes, independentemente da posição ou da lâmina de água, ou seja, a variação da lâmina de água utilizada durante a fungigação (3, 5 e 7 mm) não alterou o teor do produto na folha, e o resíduo foi o mesmo nas três diferentes posições onde as folhas foram coletadas, indicando boa uniformidade de distribuição do fungicida ao longo da área tratada.

Nos trabalhos de STONE et al. (1994) e de CRUZ (1997), em que se avaliou a uniformidade de distribuição de inseticida aplicado via água de irrigação, também se encontrou boa uniformidade de distribuição do produto químico, indicando proporcionalidade entre a uniformidade de distribuição de água e a do produto químico.

Essa boa uniformidade de distribuição do ingrediente ativo está relacionada, principalmente, com a uniformidade da irrigação e com as condições ambientais. A uniformidade da irrigação, representada pelo coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), determinada na terceira aplicação, após a qual foram coletadas as folhas para a análise química do resíduo remanescente, foi de 88%. Este valor, de acordo com BERNARDO (1995), atende as condições mais exigentes. Também as condições ambientais verificadas durante a aplicação contribuíram para a boa uniformidade. Temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento não eram propícias à evaporação e deriva. Além disso, no sistema de irrigação por pivô central a água escoava com grande velocidade em todo o comprimento da tubulação, proporcionando boa turbulência, o que auxilia a boa distribuição do defensivo (VIEIRA e SUMNER, 1999).

A concentração do fungicida nas folhas, independentemente da lâmina de água utilizada na quimigação, foi semelhante, confirmando os resultados observados por WAUCHOPE et al. (1991). Segundo esses autores, o volume de água utilizado na quimigação (2,5 mm e 12,7 mm) não afetou o resíduo de clorpirifós na folhagem de milho e no solo. HAMM e CLOUGH (1999) também

não encontraram diferenças na retenção do clorotalonil na folhagem da cultura da batata, utilizando lâminas de água de 2,8 e 5,7 mm.

Além disso, observando os dados dos Quadros 3 e 4, é possível verificar a semelhança da severidade de doenças nas parcelas tratadas com fungicida aplicado via água de irrigação, nas três diferentes posições ao longo da área tratada, confirmando a boa uniformidade de distribuição do fungicida.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

No Brasil, a fungigação na cultura do feijão vem sendo empregada pelos agricultores desde o início da década de 80. Entretanto, ainda são poucos os trabalhos desenvolvidos para avaliar a eficiência desta técnica.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivos: avaliar a eficácia do fungicida epoxiconazol, aplicado via água de irrigação, no controle de doenças da parte aérea do feijão, nos sistemas de plantio convencional e direto; avaliar o efeito da lâmina de água na eficiência da fungigação; e avaliar a uniformidade de distribuição de fungicida durante a operação de quimigação, ao longo da área tratada.

Aplicou-se o fungicida epoxiconazol (Produto Comercial Opus® - BASF S.A.) via pivô central na cultura do feijão nos plantios direto e convencional, em diferentes lâminas de água (3, 5 e 7 mm), avaliando-se a severidade de doenças em parcelas tratadas e não-tratadas. Para comparação, o produto também foi aplicado de forma convencional (pulverizador costal a pressão constante).

A determinação da uniformidade de distribuição do fungicida via água de irrigação foi feita quantificando-se o resíduo de epoxiconazol em folhas coletadas em três posições ao longo da área tratada.

Nas condições em que o experimento foi conduzido, os resultados permitiram as seguintes conclusões:

- O fungicida epoxiconazol, aplicado via pivô central, reduziu a severidade da mancha-angular e da mancha-de-alternária do feijoeiro.
- As lâminas de água utilizadas na fungigação não influenciaram a eficácia e a uniformidade de distribuição do fungicida epoxiconazol.
- A fungigação propiciou boa uniformidade de distribuição do ingrediente ativo ao longo da área tratada.
- O plantio direto do feijão propiciou produtividade superior à do plantio convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de irrigação por aspersão pivô central, caracterização de desempenho: método de ensaio**; 1^o projeto de norma. Rio de Janeiro: 1985. 22p. (PN 12:02.08.005).
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 307p.
- BARTHELEMY, P., BOISGONTIER, D., JOUY, L., LAJOUX, P. **Choiser les outils de pulverisation**. Paris: ITCF, 1990. 160p.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa, MG: UFV, 1995. 657p.
- BLANCA, A.L. **Maquinaria agrícola**. Madrid: Mundi-prensa, 1997. 361p.
- BONATO, P.S. Cromatografia gasosa. In: COLLINS, C.H., BRAGA, G.L., BONATO, P.S. (Coords.). **Introdução a métodos cromatográficos**. Campinas, SP: UNICAMP, 1997. p.141-182.
- BORÉM, A., CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C., PAULA JÚNIOR, T.J., BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p.13-17.
- BRENNEMAN, T.B., SUMNER, H.R., HARRISON, G.W. Deposition and retention of chlorothalonil applied to peanut foliage: Effects of application methods, fungicide formulation and oil additives. **Peanut Sci.**, v.17, p.80-84, 1990.

- BRYAN, B.B., THOMAS JUNIOR, E.L. **Distribution of fertilizer materials applied with sprinkler irrigation system**. Fayetteville: Univ. of Arkansas Agricultural Experimental Station Research, 1958. 12p. (Bull 598).
- CHRISTIANSEN, J.P. **Irrigation by sprinkler**. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 124p. (Bulletin 670).
- COLLINS, C.H. Princípios básicos de cromatografia. In: COLLINS, C.H., BRAGA, G.L., BONATO, P.S. (Coords.). **Introdução a métodos cromatográficos**. Campinas, SP: UNICAMP, 1997. p.11-27.
- COSTAMILAN, L.M. Doenças atacam no plantio direto. **Cultivar**, p.8-10, nov. 1999.
- CRUZ, O.C. **Distribuição horizontal do inseticida chlororpyrifos aplicado via pivô central em cultura de milho (*Zea mays L.*) e sua retenção no dossel das plantas**. Lavras: UFLA, 1997. 54p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, 1997.
- DOWELANCO INDUSTRIAL. **No sistema pivô central**. São Paulo: 1992. 17p.
- DUDIENAS, C., CASTRO, J.L., ITO, M.F., SOAVE, J., MAEDA, J.A. Efeito de fungicidas na produção, sanidade e qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Fitopatologia Brasileira**, v.15, n.1, p.20-24, 1990.
- FERNANDES, J.M.C. O sistema plantio direto e a ocorrência de doenças nos cereais de inverno. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 18, 1999, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1999. p.44-58.
- GALVÃO, R.T., RODRIGUES, J.J.V., PURISSÍMO, C. Sistemas de plantio direto e convencional na cultura do feijão da “seca” em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.28, n.158, p.412-416, 1981.
- GASSEN, D.N., GASSEN, F.R. **Plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207p.
- GODOY, C.V., CARNEIRO, S.M.T.P.G., IAMAUTI, M.T., DALLA PRIA, M., AMORIM, L., BERGER, R.D., BERGAMIN FILHO, A. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, v.104, n.4, p.336-345, 1997.

- GONÇALVES, M.L.S.S. **Métodos instrumentais para análise de soluções, análise quantitativa**. 3. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996. 789p.
- HAMM, P.B., CLOUGH, G.H. Comparison of application methods on deposition and redistribution of chlorothalonil in a potato canopy and potential for control of late blight. **Plant Disease**, v.83, n.5, p.441-444, 1999.
- HEERMANN, D.F., HEIN, P.R. Performance characteristics of self-propelled center pivot sprinkler irrigation system. **Trans. ASAE**, v.11, n.1, p. 11-15, 1968.
- HEINEMAM, A.B. **Influência do espaçamento entre coletores, do número de linhas radiais e da altura do emissor no coeficiente de uniformidade de Christiansen em pivô central**. Piracicaba: ESALQ, 1996. 64p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996.
- ITO, M.F., BERGAMIM FILHO, A., CASTRO, J.L. Ação fungicida do inseticida Cartap sobre a ferrugem do feijoeiro II – em campo. **Fitopatologia Brasileira**, v.20, n.4, p.577-584, 1995.
- MENEZES, J.R. Controle integrado de doenças em culturas irrigadas por pivô central. **Fitopatologia Brasileira**, v.20 (sup.), p.270-271, 1995.
- MENEZES, J.R. **Controle integrado de *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferr. em *Phaseolus vulgaris* L. irrigado por pivô central**. Piracicaba: ESALQ, 1996. 120p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996.
- MOLIN, R., CANTERI, M.G., TESSMANN, D.J. Resistência varietal. In: CANTERI, M.G., PRIA, M., SILVA, O.C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro: orientações para o manejo econômico e ecológico**. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p.81-89.
- MOREIRA, J.A.A., STONE, L.F. Calibração. In: COSTA, E.F., VIEIRA, R.F., VIANA, P.A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: Embrapa, SPI, 1994. p.159-182.

- NASCIMENTO, S.R.C., MARINGOMI, A.C., KUROZAWA, C. Determinação do efeito da concentração e do tipo de inóculo na severidade dos sintomas da murcha de fusarium em feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, v.24, n.1, p.8-11, 1998.
- OGG JUNIOR, A.G., DOWLER, C.C. Applying herbicides throught irrigation system. In: McWHORTER, C.G., GEBBARDT, M.R. (Eds.). **Methods of applying herbicides**. Pullman: Weed Science Society of America, 1988. p.145-164.
- OLITTA, A.F.L. **Os métodos de irrigação**. São Paulo: Nobel, 1987. 267p.
- OLIVEIRA, S.H.F., RECCO, C.A.V., OLIVEIRA, D.A. Efeito comparativo da aplicação de fungicidas por pivô central e método de aplicação convencional para controle de doenças e produtividade do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.17, n.2, p.151, 1992a.
- OLIVEIRA, S.H.F., RECCO, C.A.V., OLIVEIRA, D.A. Eficiência comparativa da fungigação e aplicação convencional de fungicidas no controle de oídio e mancha de alternária em feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.17, n.1, p.67-70, 1992b.
- OLIVEIRA, S.H.F., RECCO, C.A.V., SUGAHARA, E., OLIVEIRA, D.A. Avaliação comparativa da fungigação e aplicação convencional de fungicidas para controle de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Summa Phytopathologica**, v.21, n.3/4, p.249-251, 1995.
- PALLADINI, L.A. Cobertura obtida na pulverização com turboatomizador em folhas de macieira. **Rev. Bras. Frut.**, v.14, n.1, p. 127-132, 1992.
- PAULA JÚNIOR, T.J., ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C., PAULA JÚNIOR, T.J., BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p.375-433.
- PINTO, N.F.J.A. Fungigação e nematigação. In: COSTA, E.F., VIEIRA, R.F., VIANA, P.A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: Embrapa, SPI, 1994. p.229-248.
- PINTO, N.F.J.A., COSTA, E.F. Efeito da lâmina de água na aplicação de fungicida via aspersão convencional para o controle da brusone (*Pyricularia oryzae*) em arroz. **Fitopatologia Brasileira**, v. 17, n.2, p.185, 1992.

- PINTO, N.F.J.A., COSTA, E.F., RIBEIRO, E.A. Aplicação de fungicida via água de irrigação por aspersão para o controle de ferrugem (*Uromyces phaseoli*) em feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.15, n.2, p.144, 1990.
- RAVA, C.A., SARTORATO, A., BOTELHO, S.A. Eficiência in vitro e in vivo de fungicidas no controle de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Summa Phytopathologica**, v.24, n.1, p.45-48, 1998.
- ROCHA, C.L., FELIPPE, J.M., BEGLIOMINI, E. Avaliação do epoxiconazole puro e em misturas no controle de doenças na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Fitopatologia Brasileira**, v.24 (sup.), p.452, 1999.
- RODRÍGUES-KÁBANA, R., CALVET, C. Capacidad del suelo para controlar enfermedades de origem edáfico. **Fitopatologia Brasileira**, v.19, n.2, p.129-138, 1994.
- SALYANI, M., WHITNEY, J.D. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. **Trans. ASAE**, v.31, n.2, p.390-395, 1988.
- SANTOS, A.B., SILVA, O.F., FERREIRA, E. Avaliação de práticas culturais em um sistema agrícola irrigado por aspersão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1996. p.474-476.
- SANTOS, M.L., BRAGA, M.J. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C., PAULA JÚNIOR, T.J., BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p.19-53.
- SARTORATO, A., RAVA, C.A. Controle químico da mancha angular do feijoeiro comum com aplicação de fungicidas via pivô central. **Summa Phytopathologica**, v.24, n.3/4, p.253-257, 1998.
- SILVEIRA, P.M., SILVA, J.G. Efeito do preparo do solo e da rotação de cultura sobre o rendimento do feijoeiro irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1996. p.462-464.
- SKOOG, D.A., HOLLER, F.J., NIEMAN, T.A. **Principles of instrumental analysis**. 6. ed. Orlando, Flórida: Harcourt Brace College Publishing, 1992. 849p.
- STONE, K.C., STANSELL, J.R., YOUNG, J.R. Insecticide distribution through an irrigated corn canopy. **Trans. ASAE**, v.37, n.1, p.135-138, 1994.

- THOMAS, J.G., PENNINGTON, D.A., PRIRGER, L. **Chemigation**. Mississippi: Mississippi State University, 1998. 28p. (Publication 1551).
- THREADGILL, E. D. Advances in irrigation, fertigation and chemigation. In: EXPERT CONSULTATION ON FERTIGATION, CHEMIGATION, 1991, Cairo. **Proceedings...** Rome: FAO, 1991. p.30-44.
- THREADGILL, E.D. Current status and future of chemigation. In: NACIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3, 1985, Tifton. **Proceedings...** Tifton: Rural Development Center, 1985. p.1-12.
- TILTING, N. **Determination of BAS 480 F (epoxiconazole) in bananas, sugarbeets and coffee by gas chromatography with internal standardization**. Limburgerhof: BASF Aktiengesellschaft, 1994. 37p.
- TU, J.C. Management of white mold of white beans in Ontario. **Plant Disease**, v.73, n.4, p.281-285, 1989.
- VIEIRA, C. **A cultura do feijão**. Viçosa, MG: UFV, 1978. 146p.
- VIEIRA, R.F. Introdução à quimigação. In: COSTA, E.F., VIEIRA, R.F., VIANA, P.A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: Embrapa, SPI, 1994. p.13-40.
- VIEIRA, R.F., PAULA JÚNIOR, T.J. Semente: veículo de disseminação de patógenos. In: VIEIRA, C., PAULA JÚNIOR, T.J., BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p.451-505.
- VIEIRA, R.F., PAULA JÚNIOR, T.J., BERGER, P.G. Avaliação da eficiência de fungicidas e do inseticida cartap no controle de doenças da parte aérea do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) no inverno-primavera. **Summa Phytopathologica**, v.21, n.1, p.17-22, 1998.
- VIEIRA, R.F., SILVA, A.A. Aplicação de defensivos agrícolas via água de irrigação por aspersão. In: VIEIRA, C., PAULA JÚNIOR, T.J., BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p.267-323.
- VIEIRA, R.F., SUMNER, D.R. Application of fungicide to foliage through overhead sprinkler irrigation – a review. **Pestic. Sci.**, v.55, p.412-422, 1999.

- VOGEL, A.I. **Análise química quantitativa**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1992. 712p.
- WAUCHOPE, R.D., YOUNG, J.R., CHALFANT, R.B., MARTI, L.R., SUMNER, H.R. Deposition, mobility and persistence of sprinkler-irrigation-applied chlorpyrifos on corn foliage and in soil. **Pestic. Sci.**, v.32, p.235-243, 1991.
- WILDNER, L.P. Manejo do solo para a cultura do feijão: principais características e recomendações técnicas. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA. **A cultura do feijão em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1992. p.82-114.