

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA  
VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DISPERSÃO E CONTROLE DA ANTRACNOSE EM  
FEIJÃO**

**LILIAN CERBARO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutora em Agronomia – Área de Concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, julho de 2013.

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA  
VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DISPERSÃO E CONTROLE DA ANTRACNOSE EM  
FEIJÃO**

**LILIAN CERBARO**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Forcelini.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de doutora em Agronomia – Área de Concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, julho de 2013.



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA  
VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRONOMIA



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a tese

"Dispersão e Controle da Antracnose em Feijoeiro"

Elaborada por

Lilian Cerbaro

Como requisito parcial para a obtenção do grau de  
"Doutora em Agronomia – Área de Fitopatologia"

Aprovada em: 01/07/2013  
Pela Comissão Examinadora

Dr. Carlos Alberto Forcelini  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientador

Dra. Norlmar Denardin  
FAMV/UPF

Dra. Caroline de Lima Wesp  
CCGL

Dr. Walter Boller  
FAMV/UPF

Dra. Simone Meredith Scheffer Basso  
Coordenadora PPGAgro

Dr. Hélio Carlos Rocha  
Diretor FAMV

Dr. Erlei Melo Reis  
OR Sementes

CIP – Catalogação na Publicação

---

C411d Cerbaro, Lilian

Dispersão e controle da antracnose em feijão / Lilian  
Cerbaro. – 2013.

141 f. : il., color. ; 25 cm.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Forcelini.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de  
Passo Fundo, 2013.

---

Catálogo: Bibliotecária schirlei T. da Silva Vaz - CRB 10/1364

## AGRADECIMENTOS

**À DEUS**, por me cuidar com amor de PAI, orientando sempre para o melhor caminho.

**À MINHA FAMÍLIA**, meu pai e mãe, Air e Sirlei Cerbaro que, com carinho, amor e dedicação, me deram base para, hoje, ter sucesso pessoal e profissional; Ao meu noivo Adiones que com amor, sempre me apoiou e teve paciência na conclusão de mais uma importante fase da minha vida; aos meus irmãos (e cunhadas) e irmã (e cunhado), Jocenir, Fofa, Josênio, Marcia, Léa e Luis, que com palavras, me incentivaram a nunca desistir dos meus objetivos.

**À UPF E AO PPGAgro**, pela concessão da bolsa de estudos e pela oportunidade de enriquecer o meu conhecimento com profissionais capacitados.

**AO MEU MESTRE E ORIENTADOR**, Prof. Carlos A. Forcelini pela orientação, paciência, dedicação e ensinamentos passados durante o curso.

**AOS MESTRES**, Prof. Erlei M. Reis, Prof (a) Norimar Denardin, Prof (a) Carolina Deuner, por passarem todo seu conhecimento e palavras de incentivo ao estudo.

**AOS AMIGOS DA UPF**, Elaine Deuner, Juliane Camera, Camila Ranzi, Eduardo Viana, Roberto De Rossi, Ricardo Brustolin, Marília

Hoffmann, Paula Steilmann, Tânia Carla Mattioni, Valéria Cecília Ghissi, Aveline Avozani, Rosane Tonin, Anderson Danelli, Sandra Zoldan, Andréia Tumelero, pelas horas de estudos e descontração. Aos Funcionários Delmar, Cinara e Paulo e aos alunos da graduação (equipe de campo) Júlio Franz, Rafael Roehrig, Felipe Moss Guilherme Ferri, Rudinei Zanon pelo apoio á execução dos experimentos.

**ÀS AMIGAS DE ANTES, HOJE E SEMPRE,** Caroline Gulart, Grasieli Canelles Bernardi, Nubia F. da Luz, Camila Osmarim, Carolina Osmarim, que mesmo longe, sentia a torcida para que tudo desse certo.

**MUITO OBRIGADA A TODOS!!!**

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	vi
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xiii
<b>RESUMO</b> .....	14
<b>ABSTRACT</b> .....	16
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	22
2.1 Importância da cultura do feijão. ....	22
2.2 Distribuição geográfica do feijão e importância da antracnose no Brasil.....	23
2.3 Epidemiologia da antracnose. ....	24
2.4 Arranjo de plantas (População e espaçamento) .....	28
2.5 Forma de disseminação de fitopatógenos. ....	30
2.6 Medidas de controle. ....	34
2.6.1 Variabilidade genética. ....	35
2.6.2 Controle químico. ....	38
2.6.2.1 Fungicidas estrobilurinas. ....	39
2.6.2.2 Fungicidas triazóis. ....	39
2.6.2.3 Fungicidas organoestânicos. ....	40
2.6.2.4 Fungicidas isoftalonitrilas. ....	40
2.6.2.5 Fungicidas benzimidazóis. ....	40
2.6.3 Aplicação em parte aérea. ....	41

2.6.4 Ação de adjuvantes. ....	42
--------------------------------	----

## CAPÍTULO I

<b>Controle químico da antracnose do feijão em diferentes cultivares e populações de plantas.....</b>	45
<b>RESUMO.....</b>	45
<b>ABSTRACT.....</b>	46
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	48
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	49
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	53
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	59

## CAPÍTULO II

<b>Progresso da antracnose do feijão, com e sem irrigação, a partir de plantas foco.....</b>	61
<b>RESUMO.....</b>	61
<b>ABSTRACT.....</b>	62
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	64
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	69
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	75
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	89

## CAPÍTULO III

<b>Influência do volume de chuvas e adjuvante siliconado na ocorrência da antracnose em feijão.....</b>	90
<b>RESUMO.....</b>	90
<b>ABSTRACT.....</b>	91
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	93

<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>94</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>101</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>106</b>

#### **CAPÍTULO IV**

<b>Fungitoxicidade de fungicidas a <i>Colletotrichum lindemuthianum</i>.....</b>	<b>108</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>108</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>109</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>110</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>113</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>118</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>128</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>129</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
<b>CAPÍTULO I</b>		
1	Área abaixo da curva de progresso da antracnose em função da aplicação foliar de fungicidas. UPF, Passo Fundo-RS, 2011.....	56
2	Rendimento de grãos do feijão em função da aplicação foliar de fungicidas, em dois cultivares e duas populações de plantas. UPF, Passo Fundo-RS, 2011.....	57
3	Peso de mil grãos de feijão em função da aplicação foliar de fungicidas. UPF, Passo Fundo-RS, 2011...	57
<b>CAPÍTULO III</b>		
1	Proporção de incidência da antracnose em folhas e pecíolos de plantas de feijão, em dois experimento com chuva simulada. UPF, Passo Fundo, 2011.....	101
2	Proporção de incidência e severidade da antracnose ( <i>C. lindemuthianum</i> ) em folhas e pecíolos de plantas de feijão submetidas a diferentes regimes de chuva simulada, com e sem aplicação do adjuvante siliconado Break Thu. UPF, Passo Fundo 2013.....	102
<b>CAPÍTULO IV</b>		
1	Características dos fungicidas utilizados para determinar a sensibilidade, <i>in vitro</i> , de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> .....	116
2	Diâmetro da colônia (mm) de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> em meio BDA suplementado com fungicidas, em diferentes concentrações. UPF, Passo Fundo, 2013.....	120
3	Concentração (mg/L) de fungicida necessária para inibir 50% o crescimento micelial (CI <sub>50</sub> ) de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> em meio de cultura BDA. UPF, Passo Fundo, 2013.....	127

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
<b>CAPÍTULO I</b>		
1	Precipitação pluviométrica nos meses de janeiro a março de 2011. Passo Fundo, UPF, 2011. Fonte: Embrapa Trigo.....	52
2	Severidade da antracnose do feijão em dois cultivares e duas populações de plantas. UPF, Passo Fundo-RS, 2011.....	53
3	Progresso da antracnose do feijão nos cultivares Carioca e Preto Pérola, em duas populações de plantas (205.000 e 253.000/ha). A relação entre severidade e tempo é representada pelo modelo logístico, onde o parâmetro que multiplica o tempo equivale à taxa de progresso da antracnose em cada cultivar e população. UPF, Passo Fundo-RS, 2011...	54
<b>CAPÍTULO II</b>		
1	Umidade relativa do ar (%) e temperatura média (°C), por decêndio, no período de abril a maio de 2012. Fonte: Embrapa Trigo/ Passo Fundo.....	75
2	Precipitação pluviométrica média (mm), com e sem irrigação suplementar. Passo Fundo, 2012.....	76
3	Severidade da antracnose em função da distância da fonte de inóculo, com e sem irrigação.....	77
4	Área abaixo da curva de progresso da antracnose em função da distância da fonte de inóculo, em área irrigada e não irrigada. Passo Fundo, 2012.....	78
5	Taxa aparente de infecção (unidades/dia) da antracnose do feijão, sob irrigação, em plantas situadas a diferentes distâncias da fonte de inóculo. As barras indicam o desvio padrão da média. UPF, Passo Fundo, 2012.....	79
6	Gradiente de severidade da antracnose do feijão em	

	função da distância da fonte de inóculo, com irrigação (IRR) ou sem (NIRR). UPF, Passo Fundo, 2012.....	80
7	Mapa de distribuição da antracnose do feijão a partir de fonte de inóculo posicionada ao centro da parcela, em área irrigada. Plantas de número 1 a 20 são posicionadas na linha de cultivo; plantas 21 a 38 são transversais às linhas. O eixo indica a severidade (%) em folhas e pecíolos. UPF, Passo Fundo, 2012.....	81
8	Mapa de distribuição da antracnose do feijão a partir de fonte de inóculo posicionada ao centro da parcela, em área não irrigada. Plantas de número 1 a 20 são posicionadas na linha de cultivo; plantas 21 a 39 são transversais às linhas. O eixo indica a severidade (%). UPF, Passo Fundo, 2012.....	82
9	Incidência de <i>Colletotrichum lindemutianum</i> em semente e vagem de feijão, proveniente do campo, em condições de irrigação e sem irrigação. Passo Fundo/ RS.....	87

### CAPÍTULO III

1	Simulador de chuva em estrutura metálica (a); detalhe do aspersor, modelo Veejet 80100 ligado e apresentando jato tipo leque (b); Disposição de quatro vasos com plantas saudas ao redor de um vaso com planta doente.....	96
2	Plantas de feijão mantidas em câmara de incubação, com temperatura de 22°C e umidade relativa do ar $\geq 80\%$ .....	100
3	Incidência de antracnose em plantas de feijão, com e sem aplicação do produto siliconado Break Thru, submetidas à precipitação pluvial simulada. UPF, Passo Fundo, 2013.....	103
4	Severidade da antracnose em plantas de feijão em função da precipitação pluvial simulada e do uso do aduvante siliconado Break Thru. UPF, Passo Fundo, 2013.....	104

## CAPÍTULO IV

1	Crescimento miceliano de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> em placa de petry com meio de cultura BDA suplementado com diferentes concentrações dos fungicidas difeconazol (a); trifenil hidróxido de estanho (b); clorotalonil (c); azoxistrobina + difeconazol (d); piraclostrobina (e); carboxamida + piraclostrobina + epoxiconazol (f); carboxamida + piraclostrobina (g); azoxistrobina (h).....	119
2	Crescimento micelial de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> , em meio BDA, em cinco concentrações dos fungicidas difenoconazol (Score) e clorotalonil (Bravonil). UPF, Passo Fundo, 2013..	122
3	Crescimento micelial de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> em meio BDA suplementado com os fungicidas piraclostrobina (Comet) e azoxistrobina (Priori). UPF, Passo Fundo, 2013.....	123
4	Crescimento micelial de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> em meio BDA suplementado com os fungicidas azoxistrobina + difenoconazol (Amistar Top) e trifenil hidróxido de estanho (Mertin). UPF, Passo Fundo, 2013.....	124
5	Crescimento micelial de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> em meio BDA suplementado com os fungicidas piraclostrobina + epoxiconazol + fluxapiraxade (Bas 702) e piraclostrobina + epoxiconazol (Bas 703). UPF, Passo Fundo, 2013...	125

**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro</b>		<b>Página</b>
	<b>CAPÍTULO I</b>	
1	Análise de variância da área abaixo da curva de progresso da antracnose com base na severidade. UPF, Passo Fundo, 2011.....	55

## DISPERSÃO E CONTROLE DA ANTRACNOSE EM FEIJÃO.

LILIAN CERBARO<sup>1</sup>

**Resumo** – O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos alimentos mais consumidos no Brasil, com cerca de 17 kg/ habitante/ ano. O nosso país é o maior produtor mundial com 20% da produção total. O cultivo do feijão é limitado por várias doenças, entre elas a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. A moléstia é favorecida por chuvas frequentes, podendo resultar em perdas de até 90%. Internamente na lavoura, o patógeno é disseminado por respingos de água da chuva ou irrigação. Esse processo pode ser influenciado pela proximidade das plantas, determinada pelo seu arranjo. Nessa pesquisa, utilizou-se de sementes de cultivares suscetíveis á antracnose, semeadas a campo para avaliar o controle químico da antracnose em dois cultivares com hábito de crescimento simpodial (Carioca) e monopodial (Preto Pérola), e duas populações de plantas (205.000 e 253.000/ha). Foram utilizados os fungicidas trifenil hidróxido de estanho + azoxistrobin (mertin + amistar, carbendazin + azoxistrobin (derosal + amistar) e trifloxistrobin + tebuconazol (nativo), em duas aplicações ( pré-floração e 20 dias após). Avaliou-se também o progresso da doença, a partir de plantas foco (inoculadas em casa de vegetação), em plantas distantes 0,5 m; 1 m; 1,5 m; 2 m; 2,5 m e 3 m, com e sem irrigação por aspersão. A

---

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma, doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia.

influência de chuvas simuladas também foi testada sobre a ocorrência da antracnose, em volumes de 2, 4, 8, 16, 32 e 64 mm, bem como a interferência do adjuvante siliconado Polietersiloxano (Break Thru) aplicado 4 h antes da simulação das chuvas. Por último foi estimado a  $CI_{50}$  (concentração necessária para inibir o crescimento do fungo em 50%) de alguns ingredientes ativos ao patógeno sendo piraclostrobina (comet), piraclostrobina + fluxapiroxade (BAS 703), piraclostrobina + epoxiconazol + fluxapiroxade (BAS 702), azoxistrobina (priori), azoxistrobina + difenoconazol (amistar top), difenoconazol (score) e clorotalonil (bravonil) comparados ao padrão trifenil hidróxido de estanho (mertin). Utilizou-se o método de inibição do crescimento micelial em meio de cultura BDA suplementado com 0; 0,01; 0,1; 1; 5 e 10 mg/L. O controle químico apresentou resultados similares, independente do cultivar e da população utilizada. A maior severidade foi observada nas plantas posicionadas a 0,5 m de distância, tendo atingido 12,25% na condição com irrigação e 0,75% na área não irrigada. À medida que a distância da fonte de inóculo aumentou, a severidade final sob irrigação diminuiu para 6,25% (1,0 m), 5,00% (1,5 m), 4,00% (2,0 m), 3,75% (2,5 m) e 2,25% (3,0 m). Observou-se que com 1 mm de chuva já foi possível visualizar os sintomas da doença, os quais aumentaram até o volume de 32 mm. Nas plantas com o adjuvante os sintomas só foram detectados após 8 mm de chuva. A proporção de severidade final variou de 0,03 com adjuvante a 0,23 sem o produto. Os valores da  $CI_{50}$  foram menores para os fungicidas à base de estrobilurina e estrobilurina + carboxamida, que mostram, assim, potencial para substituição do trifenil hidróxido de estanho.

**Palavras-chave:** *Colletotrichum lindemuthianum*, disseminação, gradiente de doença, produto siliconado, controle químico.

### **DISPERSION AND CONTROL OF ANTHRACNOSE IN BEANS.**

**Abstract** – Beans (*Phaseolus vulgaris*) are ones of the most consumed foods in Brazil, about 17 kg/habitant/year. Our country is the most world producer with 20% of total production. The beans cultivate is limited by some diseases, among them, the anthracnose, caused by fungus *Colletotrichum lindemuthianum*. The disease is favored by frequently rains, it can results in losses of until 90%. Internally in the farming, the pathogen is scattered by splash of rain or irrigation. This process can be influenced by the proximity of plants, determined by its arrangement. In this research, it was used seeds of cultivars susceptible to anthracnose, spread in field to evaluate the chemical control of anthracnose in both cultivars with habit of growing sympodial (Carioca) and monopodial (Dark Pearl), and both populations of plants (205.000 and 253.000/ha). It was used fungicides fenitrothion + azoxystrobin (mertin + amistar), carbendazim + azoxystrobin (derosal + amistar) and trifloxystrobin + tebuconazole (native), and both applies (pre-flowering and 20 days after). It was evaluated also the progress of disease, from focus plants (inoculated in house of vegetation), in far plants 0,5 m; 1 m; 1,5 m; 2 m; 2,5 m and 3 m, with and without irrigation by sprinkling. The influence of simulated rains also was tested about the occurrence of anthracnose, in volumes of 2, 4, 8, 16, 32 and 64 mm, as the

interference of silicon adjuvant polietersiloxano (Break Thru) applied 4 h before the rains simulation. At the end, it was estimated a  $CI_{50}$  (necessary concentration to inhibit the growing of fungus in 50%) of some active ingredients to pathogen: pyraclostrobin (comet), pyraclostrobin + fluxapyroxad (BAS 703), pyraclostrobin + epoxyconazol + fluxapyroxad (BAS 702), azoxystrobin (priori), azoxystrobin + difenoconazol (amistar top), difenoconazol(score) and clorotalonil (bravonil) compared to standard fentrin hydroxide (mertin). It was used the method of inhibit of mycelial growing among culture of BDA supplemented with 0; 0,01; 0,1; 1; 5 and 10 mg/L. The chemical control presented similar results, independently of the cultivate and the population. The biggest severity was observed in plants positioned to 0,5 m of distance, reaching 12,25% in the condition with irrigation and 0,75% in the not irrigated area. When the distance of source of inoculum increased, the final severity with irrigation decreased to 6,25% (1,0 m), 5,00% (1,5 m), 4,00% (2,0 m), 3,75% (2,5 m) and 2,25% (3,0 m). It was observed that with 1 mm of rain it was just possible visualize the symptoms of disease, which increased until the volume of 32 mm. In plants with adjuvant, the symptoms were detected after 8 mm of rain. The proportion of final severity varied from 0,03 with adjuvant to 0,23 less the product. The values of  $CI_{50}$  were smaller to fungicides based on strobilurin and strobilurin + carboxamide, that show, thus, potencial to substitution of fentin hydroxide.

**Key-words:** *Colletotrichumlindemuthianum*, dissemination, gradient of disease, plants, silicon product, chemical control.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é cultura de grande valor alimentar e nutricional, bem como de importância cultural em várias regiões do Brasil e do mundo, sendo consumido principalmente nas classes mais carentes da população. O maior consumo desse produto ocorre nas Américas (40,8%), seguindo-se a Ásia (37,8%), a África (17,8%), a Europa (3,3%) e a Oceania (0,1%). Em 2006, 67,3% (12,7 milhões de toneladas) da produção mundial do gênero *Phaseolus* foi originadas de apenas seis países, sendo o Brasil o maior produtor (18,2% da produção) (BARBOSA & GONZAGA, 2012).

No Brasil, o feijão representa um dos pilares da dieta, tendo um consumo que varia de região para região conforme o gosto e preferência pelo tipo de grão (BARBOSA & GONZAGA, 2012). Além da questão nutricional desse produto, características técnicas, agrônômicas e culturais atribuem à cultura uma alternativa de exploração agrícola para pequenas propriedades, atribuindo à agricultura familiar quase 70% da produção nacional do feijão-comum, o que reforça seu uso na produção em pequena escala e estímulo à mão de obra. Também é uma cultura que pode ser utilizada na sucessão de cultivos ao longo do ano, pois pode ser cultivado em período relativamente curto, com ciclo produtivo geralmente em torno de 90 dias.

Contudo, o feijão é uma cultura sensível com relação a fatores fitossanitários. Por ser cultivada durante todo o ano, distribuída em três safras anuais, está exposto a uma série de fatores que

influenciam na sua produtividade dentre elas, as doenças. Segundo Maffia et al. (1988), a cultura é suscetível a 108 espécies de fungos, 24 espécies de nematoides, 19 espécies de vírus e 17 espécies de bactérias. Porém, nem todos são de importância econômica, destacando-se como frequentes a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), a mancha angular (*Phaseoisariopsis griseola*), a murcha de fusarium (*Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*), a podridão radicular seca (*Fusarium solani*), o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), o oídio (*Erysiphe polygoni*) (ABREU, 2005), a ferrugem (*Uromyces phaseoli* var. *típica*) e o crestamento comum (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) (JASPER, 2010).

Diversas técnicas estão disponíveis aos agricultores para o controle de doenças e o uso dessas deve ocorrer de forma integrada e nunca isolada. Em especial para a antracnose, a principal medida de controle é o uso de cultivares resistentes, sementes sanitariamente sadias, rotação de culturas associada a programas de aplicação de fungicidas na parte aérea e tratamento de sementes (LOBO Jr, 2005). Porém, com o surgimento de novas raças do patógeno, nem sempre essas medidas são eficazes, sendo necessário compreender o comportamento do patógeno, aspectos epidemiológicos das doenças de plantas e o aperfeiçoamento de técnicas de manejo, que permitam quebrar o ciclo do patógeno, como a escolha de arranjo de plantas, o uso adequado da água, dentre outros. Essas medidas, auxiliam a elaboração e a escolha dos métodos de manejo adequados.

O arranjo e a arquitetura das plantas são fatores culturais que, em condição ambiental favorável, influenciam a dispersão dos agentes fitopatogênicos. Os propágulos são levados pela água, vento,

sementes contaminadas e vetores, fazendo a disseminação à curta e longa distância, podendo ocorrer a inclusão desses patógenos em áreas onde não havia relatos de doenças.

O controle químico, feito de forma racional, tem sido uma ferramenta importante, pois interfere diretamente no desenvolvimento do patógeno, tanto no processo da respiração mitocondrial (estrobilurinas) (ZAMBOLIM et al., 2007), na seletividade da membrana plasmática (triazóis) (REIS et al., 2007), na germinação dos esporos (organoestânicos) Papa et al. (1982) apud Jasper (2010) e na diminuição na taxa de penetração do patógeno nos tecidos do hospedeiro (isofalotrilas) (REIS et al., 2007).

Diversos trabalhos evidenciam a eficiência do controle químico, por aplicação aérea, em condições de campo. Sartorato & Rios (2003) afirmam que a mistura de ingredientes ativos tem uma abrangência maior de controle da antracnose do feijão pois permitem controlar outras doenças que ocorrem simultaneamente na cultura, além de diminuir a possibilidade de seleção de biótipos do patógeno resistentes a fungicidas.

Como o patógeno é disseminado internamente na lavoura principalmente por respingos de água, seja da chuva ou irrigação por aspersão, assume-se que a população de plantas e outros fatores ligados à dispersão do fungo possam influenciar a severidade da doença e seu controle por fungicidas.

Dentro desse contexto, o presente estudo teve como objetivos : Avaliar o progresso da antracnose e o seu controle em cultivares com hábito de crescimento diferente; Estimar o gradiente de doença produzido a partir de plantas foco na lavoura. Estudar a

possibilidade de interferência na disseminação e infecção pelo fungo na planta pela aplicação de um adjuvante siliconado e, por fim analisar alguns novos fungicidas quanto a sua fungitoxicidade, em comparação ao padrão trifênil hidróxido de estanho.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Importância da cultura do feijão.

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) constitui-se na base da alimentação dos brasileiros sendo considerada importante fonte de proteína, minerais, vitaminas e fibras alimentares, favoráveis à fisiologia humana (LAJOLO et al., 1996). Juntamente com o arroz, o feijão integra o prato mais popular, sendo consumido principalmente nas camadas de baixa renda (ANTUNES et al., 2008). Essa cultura é originária do continente americano e foi levada a Europa como planta ornamental. Segundo análises arqueológicas das regiões dos Estados Unidos, México e Peru, a hipótese aceita é origem Sul Americana (MEDEIROS, 2004). A disseminação dos grãos pelo mundo foi atribuída as grandes guerras, pois se constituía na fonte de alimento dos guerreiros (PAULA Jr & VENZON, 2007). A área cultivada com feijão na última safra situou-se na faixa de 3,26 milhões de hectares segundo levantamentos da Conab (2012). A região Sul, na safra das águas, foi responsável por 52% dessa área, gerando empregos diretos e indiretos. Com a adoção de manejos que favorecem o aparecimento de doenças como o uso de sistemas de irrigação, a cultura fica exposta á muitos fitopatógenos que causam prejuízos expressivos na cultura.

## **2.2 Distribuição geográfica do feijão e importância da antracnose no Brasil.**

No Brasil, o feijão é amplamente cultivado nas regiões Norte (Tocantins), Nordeste (Maranhão, Piauí e Bahia), Centro – Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal), Sudeste (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo), Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) (CONAB, 2012). No período entre 2011 e 2012, a área cultivada com feijão na primeira safra foi 18% menor que 2010 e 2011 nas regiões Sul e Nordeste. Essa redução foi observada principalmente por ocorrência de estiagens nas fases críticas de desenvolvimento da cultura, tendo como consequência uma baixa na produtividade, ficando em torno de 995 kg/ ha, (15,9% menor que a safra passada). A instabilidade na comercialização, associada com a competição com outras culturas rentáveis e com preços mais atrativos, faz com que os produtores prefiram plantar soja e milho, reduzindo a área com feijão.

A interferência na expressão da produtividade da cultura também está relacionada com fatores fitossanitários, a qual a antracnose já está amplamente distribuída e constatada em vários países da Europa, África, Ásia e Américas. No Brasil, a doença já foi observada nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Espírito Santo, Alagoas, Sergipe e Paraíba. Essa ampla ocorrência se deve ao uso de cultivares suscetíveis, em regiões com temperatura que variam de 13 a 26°C com umidade acima de 90%, em épocas que coincidem com a

presença de propágulos do patógeno na área. Outro fator que explica essa vasta ocorrência é o uso de sementes contaminadas associadas com condições ambientais que favorecem o desenvolvimento da epidemia (DALLA PRIA et al., 2003).

A antracnose é uma doença importante por ocasionar perdas de até 90%, quando as condições ambientais, hospedeiros suscetíveis e patógeno virulento estiverem associados (RAVA et al., 1998). Quanto mais precoce o aparecimento da doença no campo, maiores são os danos (DALLA PRIA & SILVA, 2010), pois a doença deprecia a qualidade do produto, pela presença de cancrios nas vagens e posterior mancha nos grãos, tornando-o impróprio para armazenamento, venda ou consumo.

### **2.3 Epidemiologia da antracnose.**

O estudo das interações entre patógenos e hospedeiros sob a influência do ambiente e do homem caracteriza a epidemiologia (KRANZ, 1974). Qualquer mudança que ocorrer em um desses fatores provocará uma redução ou aumento na intensidade da doença ou de sua taxa de desenvolvimento.

As características do comportamento do fungo são importantes para entender a dinâmica de infecção. Para invadir o tecido hospedeiro, as espécies do gênero *Colletotrichum* utilizam-se de estruturas especializadas chamadas apressórios (MENEZES, 2006). Para colonizar, fungos do gênero *Colletotrichum* se comportam como hemibiotróficos intracelularmente e necrotróficos subcuticularmente. Nessa forma de nutrição, *C. lindemuthianum* inicialmente se comporta

como biotrófico, sem a presença de sintomas, com posterior fase necrotrófica degradando as células do hospedeiro, surgindo os sintomas de necrose (MORAES, 2009). Na fase de reprodução, o agente causal da antracnose pode formar dois tipos de esporos, um de origem sexual (fase teleomórfica) e outro assexual (fase anamórfica). O primeiro, foi classificado como *Glomerella cingulata* f. sp. *phaseoli* Kimati (KIMATI & GALLI, 1970) e o segundo como *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Briosi & Cavara. A fase sexual dificilmente é encontrada na natureza, porém pode ser obtida em laboratório com técnicas especiais de indução (CASTRO et al., 2006) e é considerada muito importante para análises genéticas e de entendimento da estrutura populacional do fungo. A forma sexuada forma peritécios, com ascas e ascósporos, em número de 1 a 8, hialinos, de forma alantóide, em tamanho médio de 21,7 µm de comprimento a 6 µm de largura (ROCA et al., 2003)

A fase anamórfica forma conídios, que possuem uma ampla variabilidade genética, caracterizada pela ocorrência de vários patótipos, com diferenças morfológicas e culturais (SOUZA et al., 2007). Os conídios medem 2,5-5,5 x 9,5- 22µm, são unicelulares, hialinos, cilíndricos, uninucleados, geralmente com um vacúolo no centro (SCHWARTZ, 1994). O micélio é septado e ramificado, que se agrega formando dentro os acérvulos, que rompem a cutícula do hospedeiro. Característico do gênero *Colletotrichum*, os acérvulos podem formar setas nas margens (SCHWARTZ, 1994). Dentro dos acérvulos, são formados os conídios associados a uma matriz gelatinosa de cor salmão, chamada biotina, para proteção dos esporos

as condições adversas, sendo esses conídios responsáveis pelas infecções secundárias (DALLA PRIA & SILVA, 2010).

Segundo Mishra & Siradhana (1979), os conídios não constituem estruturas de sobrevivência, porque sua viabilidade diminui rapidamente. Portanto, a sobrevivência de *C. lindemuthianum* ocorre na forma de micélio dormente nos cotilédones (que permanece viável por longo período) ou acérvulos em restos de cultura e em sementes. As sementes infectadas, levadas pelo homem, dão continuidade ao ciclo, disseminando os propágulos do patógenos a longas distâncias. A curta distância, o aumento da epidemia se dá pelos respingos de água, que incidem sobre a lesão, dissolvem a biotina e levam os esporos para outras partes da planta. Ao atingirem a superfície da planta, os esporos germinam entre 6 a 9 horas em condições ambientais favoráveis, formando de 1 a 4 tubos germinativos e apressório. Após alguns dias as células da parede se degradam surgindo lesões aquosas (VIEIRA, 1983).

*Colletotrichum lindemuthianum* tem vários hospedeiros, incluindo todas espécies de feijão, dentre elas: comum (*Phaseolus vulgaris* L.), de corda (*Vigna unguiculata*), mungo (*Phaseolus aureus*), miúdo (*Vigna sinensis*) e feijão fava (*Phaseolus lunatus* L.) (SCHWARTZ, 1994).

Todos esses eventos são mediados por condições ambientais que estão diretamente envolvidas no processo da epidemia, como temperatura, umidade, vento, fotoperíodo, período de molhamento foliar, radiação e precipitação. A germinação dos conídios do gênero *Colletotrichum* ocorre na presença de água livre ou em elevada umidade relativa (>90%) (MENEZES, 2006). A umidade,

tanto em água livre como na forma de orvalho, tem influência direta nos processos de infecção, incubação, latência, crescimento das lesões, esporulação, dispersão e sobrevivência dos esporos. O vento, por sua vez, tem influência sobre a disseminação dos mesmos (VALE et al., 2004). Em síntese, o microclima formado dentro do dossel e na parte basal das plantas contribui para que o patógeno consiga infectar e estabelecer a relação parasítica. Dalla Pria et al. (2003), avaliando componentes monocíclicos da antracnose, observaram que a temperatura possui grande influência na severidade e período de incubação da antracnose, sendo o ótimo em torno de 17°C. Estes mesmos autores também verificaram que a intensidade de doença foi elevada a 21 °C, e que nas temperaturas mais baixas (12 e 15 °C) e na mais alta 30 °C, a quantidade de tecido infectado foi mínima. Associado à temperatura, e tão importante quanto, o período de molhamento requerido á infecção foi quantificado por Dalla Pria et al. (2003). A faixa de 18 a 24 h proporcionou aumento acentuado do tecido doente. Já períodos superiores a 24 h de molhamento foliar não influenciaram no aumento de severidade da doença. Os primeiros sintomas da antracnose surgiram após 6 h de molhamento foliar. Pode-se perceber que temperatura e molhamento foliar se complementam.

O clima também pode ter influência direta sobre o hospedeiro e indireta sobre o processo de infecção, debilitando e predispondo o hospedeiro ao ataque de patógenos. A deficiência hídrica interfere nos processos fisiológicos da planta, além de interferir na sua nutrição. A condição de acidez do solo agrava ainda mais a situação de estress da planta aumentando a sua suscetibilidade

a doenças. A temperatura, interfere nos processos fisiológicos como evapotranspiração, fotossíntese e metabolismo, dentre outros (VALE et al., 2004).

#### **2.4 Arranjo de plantas (população e espaçamento).**

Para entender melhor a epidemiologia da doença, é necessário conhecer a dinâmica do patógeno frente as situações de campo que a ele são disponíveis. Dentre as formas de manejo conhecidas, tem-se o controle cultural estabelecido pelo espaçamento associado a densidade de semeadura definido como o arranjo de plantas.

Em relação aos métodos de controle de doenças, depois da escolha do genótipo mais adaptado, o manejo adequado da lavoura é, certamente, o requisito mais importante para propiciar a plena expressão do potencial genético. Dentre as várias técnicas de manejo, a distribuição espacial das plantas, ou seja, o número de plantas por unidade de área, aliado à disposição das mesmas na lavoura merece atenção especial, pois estas criam um microclima específico que pode afetar diretamente a produtividade, seja pela competição direta entre plantas ou indiretamente, pelo favorecimento ao desenvolvimento de patógenos causadores de doenças.

Segundo Pereira Filho & Cruz (2002), população de plantas é também conhecida como estande ou densidade e pode ser definida como número de plantas por unidade de área, que aliado ao espaçamento entre linhas, forma o arranjo de plantas. Para todas as

culturas, há um planejamento em função da densidade de plantio para extrair o máximo de produtividade que a cultura pode oferecer.

Para os agricultores de baixa renda que cultivam feijão, há uma preocupação com relação ao custo de produção e com o melhor uso da terra. Sendo assim, o uso de consorcio de culturas pode se tornar uma alternativa de grande expressão para a agricultura de subsistência. Raposo et al. (1995), observou que no consorcio milho-feijão, o arranjo de plantas influenciaram significativamente no rendimento de grãos das duas culturas. O consorcio de culturas também pode influenciar no controle de doenças, a exemplo do trabalho realizado por Oliveira & Araújo (2000) com consorcio de feijão/abacaxizeiro, em que observaram que a maior severidade da antracnose do feijoeiro foi obtida com sistema com maior densidade de plantio do abacaxizeiro. Sangoi et al. (2000), que avaliando a incidência e a severidade de doenças em híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas, concluíram que o aumento da população de plantas, de 50.000 para 100.000 por hectare, promoveu incremento na incidência das doenças de colmo causadas por *Fusarium moniliforme*, *Colletotricum graminicola* e *Diplodia maydis*. Esses resultados podem ter sido influenciados pelo espaçamento menor entre plantas que diminui a circulação de ar no interior do sistema de plantio consorciado e determina um maior acúmulo de umidade (OLIVEIRA & ARAÚJO 2000). Jauer et al. (2006) trabalhando com densidades de feijão de 250 e 350 mil plantas/ha, observaram que a interação população de plantas e tratamento fitossanitário não foi significativa. Napoleão et al. (2006) em trabalho com espaçamento e ocorrência do mofo branco, concluiu que

mantendo-se ou não o mesmo número de plantas/ha, não há efeito do espaçamento sobre o mofo-branco em plantas e em sementes do feijão. Entretanto, o aumento do espaçamento aumenta a aeração sob o dossel, e pode ser recomendado em situações específicas, porque além do mofo branco, outras doenças são favorecidas pela alta umidade.

A proximidade das plantas definida pelo arranjo pode dificultar ou facilitar a dispersão dos patógenos. Reis et al. (2001) comprovaram que para a mancha amarela do trigo, os respingos de chuva e o vento fazem a disseminação dos ascósporos e conídios a curtas distâncias. Sendo assim, é necessário conhecer as estratégias que os patógenos utilizam para alcançar o seu hospedeiro a curtas e longas distâncias.

## **2.5 Formas de disseminação de fitopatógenos.**

Disseminação é o ato de propagar, de espalhar, de difundir. No estudo de doenças de plantas, os propágulos são auxiliados por agentes dispersores ou ainda vinculados a sementes. Contudo, não basta somente o patógeno conseguir sair do local de origem, ou do que define-se como fonte de inóculo ( que pode ser restos culturais, folhas verdes, solo, sementes), mas os propágulos tem que passar por três fases essenciais, as quais comprometem a disseminação. Deve ocorrer primeiramente a liberação, que é definida como a remoção do patógeno do local onde foi produzido; a dispersão, que é o intermediário da primeira fase com a última fase que é a deposição, caracterizada pelo assentamento do patógeno sobre uma determinada superfície (AMORIM, 1995). Durante essas três fases, o

propágulo pode se perder antes de chegar ao hospedeiro, podendo cair em um hospedeiro não suscetível ou ainda no solo. Sendo assim, dependendo da superfície onde se assente, a disseminação pode ser bem ou mal sucedida. Com isso, vê-se a importância da disseminação para o processo da epidemia por transportar os propágulos dos patógenos de forma que estes possam chegar em outra planta e estabelecer uma nova relação parasítica, contribuindo para a distribuição da doença.

Os esporos de *C. lindemuthianum* são facilmente disseminados pelo vento e principalmente por respingos de chuva (DALLA PRIA & SILVA 2010). Madden et al. (1996) afirmam que a ocorrência da antracnose causada por *Colletotrichum* spp. está fortemente associada com a ocorrência de chuva, e que a dispersão depende do impacto da gota de chuva.

O vento exerce efeito importante na epidemia pois é um agente dispersor de propágulos de microorganismos, auxiliando a disseminação á curta distância (patógenos necrotróficos) e a longa distância (patógenos biotróficos). Bayer & Costa (2006) citaram que a ferrugem da videira, incitada por *Phakospora euvitis*, foi inicialmente constatada no Paraná sendo observada também em parreirais no Estado de São Paulo e em Minas Gerais. Da mesma forma, Navarini et al. (2007) salienta que o inóculo de *Phakopsora pachirhyzi* (ferrugem da soja) chegou ao continente africano transportados por correntes aéreas. No processo de disseminação pelo vento, esporos são lançados ao ar, saindo do local de origem por rajadas de vento ou redemoinho. Essas correntes de ar transportam os propágulos a curtas e longas distâncias. A velocidade do vento se torna importante pois libera

muitos esporos, diluindo essa concentração, sendo que até mesmo a baixa velocidade do vento é capaz de remover esporos das folhas, e a eficiência da remoção é aumentada drasticamente através de turbulência local. A dispersão pelo vento depende também da quantidade de esporos disponíveis (PIRES, 2007).

Um grande número dos patógenos necessita de água para se dispersarem. Fitopatógenos do gênero *Colletotrichum* apresentam corpos de frutificação tipo acérvulo que tem por função abrigar os conídios. Esse gênero produz uma substância mucilaginosa chamada biotina que protege os conídios da dessecação e da radiação ultravioleta. Quando a gota de água cai sobre o acérvulo, dilui a biotina e libera os conídios (MEDEIROS, 2004). Após a disseminação, a umidade associada com temperatura, tem papel fundamental na formação de um microclima favorável no interior do dossel de plantas para a infecção pelo patógeno (VALE et al., 2004). Para alguns gêneros de patógenos, as epidemias são favorecidas pela umidade relativa do ar, sendo a esporulação induzida quando ela é próxima a 100%, associada com longo período de molhamento foliar. Das três fontes de umidade, chuva, respingos de água de irrigação por aspersão e orvalho, somente as duas primeiras interferem na dispersão dos propágulos, e todas as três facilitam a germinação e penetração do patógeno. O orvalho formado durante a noite é essencial para a esporulação. As chuvas pesadas e rápidas podem ser mais eficazes no desenvolvimento de epidemias do que chuvas prolongadas e fracas pois elas promovem maior dispersão dos esporos por respingos além de remover da folhagem maior quantidade de produtos protetores como fungicida. Os patógenos difíceis de serem disseminados pelo

vento são geralmente beneficiados pela chuva forte (DALLA PRIA et al., 2003).

Em geral, todos os parasitas necrotróficos estão agregados às sementes, pois eles encontram nela uma fonte nutricional. Por esse motivo, a semente é considerada o mais importante agente de disseminação de fitopatógenos, os quais sempre acompanham o hospedeiro, procurando deles não se separar, garantindo assim a sua sobrevivência. Essa associação é uma maneira evoluída e eficiente de sobrevivência, continuando desse modo, o seu ciclo de vida. Todos os patógenos necrotróficos estão presentes onde se cultiva uma espécie vegetal, principalmente os agentes causais de podridões, manchas foliares e antracoses que podem ser inseridas em uma área de cultivo onde não tinha sido relatada a ocorrência de doença (REIS & CASA, 2004).

A grande maioria de patógenos é transmitida por sementes (ou qualquer órgão de propagação vegetativa), porém nessa categoria, a habilidade de causar epidemia depende da efetiva transmissão semente-plântula. Em trabalho realizado por Rey et al. (2009), *Colletotrichum lindemuthianum* mostrou significativo poder de transmissão semente-plântula, de 70 a 80%. Para a cultura do feijão, é difícil obter sementes sanitariamente sadias, pois nela estão associados internamente ou externamente fungos, bactérias e vírus (PIRES et al., 2004).

Alguns fitopatógenos são disseminados por vetores e estes são entidades que servem como intermediários da transmissão de doenças. Os principais vetores de doenças são os insetos. Por eles atuarem em todos os processos de disseminação, ou seja, remoção,

transporte e deposição de patógenos, eles são considerados agentes de disseminação (AMORIM, 1995). A habilidade de insetos em transmitir doenças para as plantas está intimamente relacionada ao modo de alimentação e ao tecido alvo.

## **2.6 Medidas de controle.**

Mesmo sob condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de doenças causadas por fitopatógenos, é possível obter um controle econômico, desde que a tomada de decisão do agricultor seja de forma eficiente e sustentável, sendo desfavorável ao desenvolvimento e sobrevivência dos fitopatógenos. Deve-se, portanto empregar técnicas integradas, que compreende várias técnicas previamente escolhidas dentro do manejo integrado de doenças (MID), de modo a evitar que a doença seja inserida em uma área e no caso de já estar inserida, estabilizar a sua ação para que não atinja dano econômico.

O método mais utilizado e economicamente viável de controle para a antracnose da cultura do feijão é a adoção de cultivares resistentes. Porém, devido a plasticidade do patógeno com relação a variabilidade genética com formação de novas raças, o patógeno se adapta às cultivares, fazendo com que estas se tornem suscetíveis com o passar do tempo.

A tomada de decisão é de extrema importância no complexo de doença. A escolha de sementes sanitariamente sadias, o uso ou não de um sistema de irrigação, escolha do arranjo de plantas,

fazem parte do manejo cultural e auxiliam certas situações no controle de fitopatógenos.

O tratamento químico, representado pelo tratamento de sementes e aplicação em parte aérea da planta também são técnicas comumente adotadas, com resultados satisfatórios quando utilizados de forma adequada.

### **2.6.1 Variabilidade genética.**

O uso de cultivares resistentes é considerado o método mais barato, fácil e seguro de controle de doenças. A resistência conferida pelas plantas compreende a sua habilidade de suprimir ou retardar a atividade de um organismo patogênico. A planta hospedeira possui mecanismos de resistência conferida por defesas estruturais ou reações bioquímicas que produzem substâncias tóxicas inibindo a ação dos fitopatógenos (REIS et al., 2001).

Existe uma ampla variabilidade genética de *C. lindemuthianum*, que é explicada pela teoria gene a gene descrita por Flor (1955) onde para cada gene de suscetibilidade do hospedeiro, existe um gene de virulência do patógeno. Inicialmente, a nomenclatura de raças de *C. lindemuthianum* era baseada em reações de cultivares locais, misturadas com cultivares tradicionais. Com isso, várias raças foram descritas em vários países, a exemplo dos Estados Unidos que identificaram as raças alfa, beta, gama e épsilon. Na França, as raças alfa, beta, gama, delta e lambda (MEDEIROS, 2004). No Brasil, as raças alfa, alfa-Brasil, beta, gama, delta, épsilon, lambda, capa, teta, eta e zeta (KIMATI, 1966). Anteriormente á essa

nomenclatura, as reações já tinham sido caracterizadas, como por exemplo na Alemanha, as raças A-E, G-N, X que eram equivalentes a alfa, beta e gama (Peurer, 1931 apud MEDEIROS, 2004). Com o passar do tempo, utilizando esse tipo de caracterização, houve uma perda de informações sobre a variabilidade de *C. lindemuthianum* pela dificuldade de obtenção dessas equivalências surgindo a necessidade de uma uniformização. Foi estudada na época uma série diferenciadora de doze cultivares em que a reação dessas seguia um sistema binário que tem por base a posição da cultivar na serie diferenciadora (PASTOR CORRALES et al., 1995). A partir daí, houve uma padronização identificando as raças 17 (alfa), 19 (épsilon-kenya), 23 (delta), 31 (capa) dentre outras (MEDEIROS, 2004).

Bonett et al. (2008) estudaram a variabilidade genética de raças de *C. lindemuthianum* e conferiram que só no estado do Paraná ocorrem as raças 7, 31, 65, 69, 73, 81, 87, 89 e 95. Verificaram ainda que naquele trabalho, as raças 52, 83 e 337 foram observadas pela primeira vez em cultivos de feijão comum no estado do PR, o que comprova o aumento da variabilidade do patógeno na região e a necessidade de monitoramento periódico. Trabalhos realizados por Ragagnin et al. (2003) selecionaram cultivares que foram cruzadas para obtenção de material com resistência à antracnose do feijão (*Phaseolus vulgaris*) derivadas da cultivar Ruda x TO, Rudá x AB 136 e Rudá x Ouro Negro, com genes de resistência *Co-4*, *Co-6*, *Co-10* respectivamente. Em trabalho desenvolvido por Santos et al. (2008) foram identificados três raças de cinco isolados no estado de Goiás (65, 73 e 81) e uma raça (65) de isolados do estado de Santa Catarina, sabendo-se que foram isolados de sementes de uma mesma localidade.

Esse mesmo autor salienta que além da variabilidade genética de *C. lindemuthianum* nas diferentes cultivares, ocorre também uma diferença de virulência em isolados de regiões diferentes em que observando a virulência das raças 65, 73 e 81 de diferentes regiões e ressaltaram que o isolado 65 do estado de Santa Catarina foi mais virulento que o isolado proveniente de Goiás. Segundo Santos et al. (2008), há dois fatores principais envolvidos na produção da variação em um único local: a variação criada por mutação e recombinação sexual e parassexual ou a variação devido à introdução de uma nova linhagem na população local. Fabre et al. (1995) aplicou marcadores moleculares em 12 isolados de *C. lindemuthianum* e verificou que o resultado classificou a espécie em dois grupos. Segundo esses autores, o agrupamento sugere alguma especialização do patógeno que correspondeu com os dois *pool* gênicos de *Phaseolus vulgaris*. Pastor Corrales et al. (1995) registraram que *C. lindemuthianum* pode ser dividido em dois grupos baseados na virulência: um especializado em hospedeiros Mesoamericanos e outro especializado em hospedeiros Andinos. Santos et al. (2008), estudando a reação de cultivares comerciais e linhagens promissoras melhoradas frente a reação a isolados de *C. lindemuthianum*, verificaram que os genótipos Soberano, TB 96-13 e TB 97-13 podem ser qualificadas como fontes promissoras de resistência.

Devido a grande variabilidade genética desse fitopatógeno, os programas de melhoramento genético aliado à fitopatologia têm um grande desafio em fazer um monitoramento periódico para analisar quais raças estão ocorrendo atualmente e assim

trocar informações para a obtenção de um material com resistência á essa doença.

### **2.6.2 Controle químico.**

Devido à grande utilização de fungicidas na agricultura moderna, é de se esperar que sua eficiência no campo possa diminuir em decorrência da seleção de isolados resistentes a alguns fungos. Muitas vezes essa resistência fica difícil de ser controlada obrigando o agricultor a mudar de produto, aumentar a dose ou até mesmo misturar com produtos mais tóxicos. Porém, sabendo-se as características de cada fungicida, fica mais fácil entender o seu mecanismo de ação sobre os fitopatógenos.

Por fungicida entende-se que são substancias químicas que, aplicadas às plantas, protegem-nas da penetração e/ ou posterior desenvolvimento de fungos patogênicos em seus tecidos (REIS, et al., 2010). Contudo, esse produto é composto de princípio ativo, solventes ou diluentes e adjuvantes. O primeiro, é o ingrediente ativo, a substância química com ação fungicida. A segunda, são compostos para adequar a concentração do principio ativo, não tendo ação tóxica sobre o patógeno para auxiliar na aplicação mecânica. O terceiro, é um componente para melhorar a ação do principio ativo (REIS et al., 2001).

### **2.6.2.1 Fungicidas estrobilurinas.**

As estrobilurinas atuam no bloqueio da transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c1 no sítio Q0, interferindo na produção de ATP e inibindo a respiração mitocondrial (REIS et al., 2007). Dentre as estrobilurinas destacam-se a azoxistrobina, cresoxim-metilico, piraclostrobina, trifloxistrobina e picoxistrobina. Oliveira (2003) testando trifloxistrobina + propiconazole, trifenil hidróxido de estanho, trifenil acetato de estanho, propiconazole + trifenil hidróxido de estanho, concluiu que estes produtos controlam a antracnose. Venâncio et al. (2003) argumenta que o fungicida piraclostrobina tem ação curativa e protetora sobre vários fungos fitopatogênicos. Ferro et al. (2011) comprovou que tanto em aplicação curativa quanto preventiva o fungicida metiram + piraclostrobina (1,5kg/ha) apresentou melhor translocação sendo o mais eficiente para o controle da antracnose em folíolos tratados.

### **2.6.2.2 Fungicidas triazóis.**

Os triazóis são fungicidas que tem atuação na seletividade da membrana plasmática (REIS et al., 2007), atuando como curativo na formação do haustório e crescimento micelial no interior dos tecidos do hospedeiro e como protetores, com ação tóxica, inibindo a germinação do esporo, formação do tubo germinativo e apressório (ZAMBOLIM et al., 2007). Como triazóis destacam-se: tebuconazol, flutriafol, propiconazol, metconazol, difeconazol. Jasper (2010), concluiu que para o controle da antracnose, os melhores tratamentos

foram piraclostrobina, trifenil hidróxido de estanho e tebuconazol com três aplicações.

### **2.6.2.3 Fungicidas organoestânicos.**

Os organoestânicos atuam inibindo a respiração, a fosforilação oxidativa da mitocôndria, a germinação dos esporos e interferem no metabolismo dos fungos (Power & Beavis 1991 apud JASPER 2010). Como organoestânico destaca-se trifenil hidróxido de estanho sendo citado por Kozłowski et al. (2009) como um dos ingredientes ativos indicados para o controle das doenças do feijoeiro, além dos triazóis e estrobilurinas.

### **2.6.2.4 Fungicidas isoftalonitrilas.**

Isoftalonitrilas são fungicidas considerados protetores em que, o esporo quando germina absorve o produto e interfere na taxa de penetração ou número de futuras lesões (REIS et al., 2007). Neste grupo está inserido o clorotalonil que em mistura com tiofanato metílico proporcionou menor severidade da antracnose e maior produção (Garcia et al., 2007).

### **2.6.2.5 Fungicidas Benzimidazóis.**

Os benzimidazóis agem na segregação dos cromossomos e na divisão celular atuando no processo da mitose durante a metáfase, interferindo na síntese de RNA (REIS et al., 2001). Dentre os

ingredientes ativos inseridos nesse grupo estão carbendazim e tiofanato metílico. Maringoni & Barros (2002) observaram uma baixa sensibilidade de *C. lindemuthianum* aos fungicidas benomil, carbendazim e tiofanato metílico.

### **2.6.3 Aplicação em parte aérea.**

Complementando o controle químico feito pelo tratamento em sementes, a aplicação de produtos em parte aérea é uma técnica eficiente e de fácil obtenção. Mesmo fazendo-se a proteção das sementes no início do ciclo da cultura, depois da emergência, a plântula fica exposta á outros microorganismos e estes podem ser controlados com produtos aplicados na parte aérea da planta. Segundo Sartorato & Rios (2003), é por meio das aplicações aéreas com ação preventiva, com fungicidas protetores e sistêmicos, que a antracnose tem sido controlada com sucesso. Contudo, deve-se considerar características de aplicação como a época de aplicação, a alternância e mistura de princípios ativos, tipo de ponta, hora de aplicação, equipamento utilizado, dentre outros.

Castro et al. (1991) já testava trifênil hidróxido de estanho sobre o controle da antracnose e conferiu que tanto em folhas como em vagens, os melhores tratamentos foram mancozebe, captafol, clorotalonil, acetato de trifênil estanho e hidróxido de trifênil estanho. Santini et al. (2005), salientou o mesmo efeito do trifênil hidróxido de estanho do acaricida azocyclotin,, do grupo químico organo- estânico, sobre a antracnose além da mancha-angular e mancha-de-alternária.

Mesmo sabendo-se que o que atua no patógeno é o ingrediente ativo presente no fungicida, muitos produtos estão sendo testados para auxiliar na eficácia da calda como os adjuvantes. Esses atuam melhorando sua ação, função, durabilidade, estabilidade e melhora da aplicação.

#### **2.6.4 Ação de adjuvantes.**

Na tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, os adjuvantes são fatores considerados de fundamental importância e interferem no processo de aplicação devido aos inúmeros benefícios obtidos com sua adição na calda de pulverização, porém com algumas restrições devido a aplicabilidade, uso inadequado, legislação ou características de interação entre ingrediente ativo com adjuvantes (ARAÚJO & RAETANO, 2011).

Por adjuvante entende-se um produto utilizado em mistura com produtos formulados para melhorar sua aplicação. Divididos em grupos, os adjuvantes podem ser classificados em surfactantes, óleos, adesivantes, antiespumantes, antievaporantes, antideriva, acidificantes, tamponantes, protetores solar, espessantes, quelatizantes e fertilizantes nitrogenados. Alguns, contudo, possuem dois ou mais efeitos com qualidades particulares (VARGAS & ROMAN, 2006).

Como solvente universal, a água é considerada o veículo mais importante na aplicação de produtos fitossanitários. Entretanto, apresenta elevada tensão superficial (QUEIROZ et al., 2008). Do grupo dos surfactantes, os produtos siliconados tem a função de reduzir a tensão superficial das gotas, diminuindo a força de atração

entre as moléculas do líquido, promovendo um efeito espalhante, adesivante, penetrante e dispersante (ARAÚJO & RAETANO, 2011).

Com esse efeito sobre a água, os produtos siliconados espalham-se uniformemente pela superfície aplicada, formando uma fina camada de água, sendo, portanto de mais rápida evaporação. Do ponto de vista do controle de doenças, essa é uma característica desejável por proporcionar ao esporo do patógeno um curto espaço de tempo de germinação em contato com a água, não propiciando condição de molhamento para a fase seguinte de infecção.

Trabalhos realizados por Xu et al. (2010), evidenciam que a evaporação da água na folha também é importante com relação a eficiência de produtos fitossanitários pois a absorção de ingredientes ativos nas folhas pode ser aumentada quando a duração da água na superfície é aumentada. Do contrário, se a gotícula não se espalha e evapora muito rapidamente, o produto químico pode formar cristais, não sendo absorvido pela planta. Por outro lado, se a gotícula persistir na folha, pode acelerar a germinação de determinados agentes fitopatogênicos (BRADLEY et al., 2003).

Diversos trabalhos mostram a eficiência da adição de adjuvantes à calda de pulverização. O princípio ativo polietersiloxano (Break Thru), que é pertencente ao grupo químico dos silicones, foi adicionado à calda juntamente com glifosato e os resultados mostraram que esse adjuvante melhorou a ação do herbicida, controlando plantas daninhas perenes com a ocorrência de chuva uma hora após as aplicações (FRANCO, 2011). Nascimento et al. (2012), testando adjuvantes (óleo mineral + emulsificante – Assist; Óleo vegetal modificado- Aureo; polietersiloxano- Break Thru; Óleo

Mineral- Joint; Óleo Vegetal- Natur' Oil e Copolímero de poliéter e silicone- Silwet) adicionados a calda com picoxistrobina + ciproconazol, concluíram que não houve efeito dos adjuvantes testados sobre a eficiência de controle da ferrugem da soja, quando comparados à testemunha padrão (fungicida + Nimbus).

## CAPÍTULO I

### CONTROLE QUÍMICO DA ANTRACNOSE DO FEIJÃO EM DIFERENTES CULTIVARES E POPULAÇÕES DE PLANTAS

**Resumo:** O feijão é um dos alimentos mais consumidos no Brasil, porém sua produção é limitada por várias doenças, entre elas a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. A mesma é favorecida por chuvas frequentes, podendo resultar em danos de até 90%. Uma das medidas de controle para a antracnose é a aplicação de fungicidas, cujo desempenho pode ser influenciado pelo cultivar utilizado e pela população de plantas na lavoura. Neste trabalho, avaliou-se o controle químico da antracnose em dois cultivares com hábito de crescimento simpodial (Carioca) e monopodial (Preto Pérola), e duas populações de plantas (205.000 e 253.000/ha). Foram utilizados os fungicidas trifenil hidróxido de estanho + azoxistrobin, carbendazin + azoxistrobin e trifloxistrobin + tebuconazol, em duas aplicações (pré-floração e 20 dias após). Os cultivares e as populações de plantas influenciaram a quantidade inicial e final da antracnose do feijão, porém não na sua taxa de progresso diário. O controle químico da doença através de duas aplicações de fungicidas apresentou resultados similares, independente do cultivar e da população. Variações nos níveis testados neste trabalho não determinam a necessidade de alterar o programa de manejo químico da antracnose.

**Palavras-chave:** *Colletotrichum lindemuthianum*, fungicidas, Carioca, Preto pérola, *Phaseolus vulgaris* L.

### **CHEMICAL CONTROL OF ANTHRACNOSE OF BEANS IN DIFFERENT CULTIVES AND POPULATIONS OF PLANTS.**

**Abstract:** Beans are ones of the most consumed foods in Brazil, but its production is limited by a lot of diseases, among them the anthracnose, caused by fungus *Colletotrichum lindemuthianum*. The same is favored by frequently rains, it can result in damage until 90%. One of control measure to anthracnose is the applied of fungicides, which development can be influenced by the cultivate and by the population of plants in the farming. In this work, it was evaluated the chemical control of anthracnose in both cultivates with habit of simphodial growing (Carioca) and monopodial (Dark Pearl), and both populations of plants (205.000 and 253.000/ha). It was used fungicides fentinhydroxide + azoxystrobine, carbendazin + azoxystrobine e trifloxystrobine + tebuconazol, in both applied (pre-flowering and 20 days after). The cultivates and the populations of plants influenced the initial and final quantity of anthracnose of beans, however, not in its range of diary progress. The chemical control of the disease through both applied of fungicides presented similar results, independently of the cultivate and of the population. Variations of tested levels in this work don't determine the necessity of change the program of chemical management of anthracnose.

**Key-words:** *Colletotrichum lindemuthianum*, fungicides, Carioca,  
Black Pearl, *Phaseolus vulgaris* L.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de feijões. Os tipos produzidos no país se enquadram nas espécies *Phaseolus vulgaris* (preto, roxo, carioca ou jalo) e *Vigna unguiculata* (de corda, de arranca ou fradinho). O consumo per capita é da ordem de 17,06 kg/ano, e varia de região para região quanto ao gosto e preferência pelo tipo de grão (BARBOSA & GONZAGA, 2012).

O feijão é afetado por diversas moléstias que reduzem sua produtividade e rendimento econômico. Entre as mais frequentes e importantes se destacam a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), a mancha angular (*Phaseoisariopsis griseola*), a murcha de fusarium (*Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*), a podridão radicular seca (*Fusarium solani*), o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), o oídio (*Erysiphe polygoni*) (ABREU, 2005), a ferrugem (*Uromyces phaseoli* var. *típica*) e o cresctamento comum (*Xanthomonas caeprstris* pv. *phaseoli*) (JASPER, 2010). A antracnose pode causar prejuízo de até 90%, com depreciação de vagens, deterioração de sementes e baixo rendimento da cultura (DALLA PRIA et al., 2003).

O agente causal da antracnose sobrevive principalmente em restos culturais e sementes infectadas. Internamente na lavoura, o aumento da epidemia se dá pelos respingos de água, que incidem sobre a lesão, dissolvem a biotina e levam os esporos para outras partes da planta (Vieira, 1983 apud MEDEIROS, 2004). Portanto, o hábito de crescimento e a população de plantas podem influenciar a dinâmica da antracnose e o seu manejo com fungicidas.

O aumento na densidade de plantas influenciam na incidência de fitopatógenos, como já documentado em outras culturas como o milho, onde o aumento da população de 50.000 para 100.000 foi acompanhado de um incremento nas doenças do colmo causadas por *Fusarium moniliforme*, *Colletotrichum graminicola* e *Diplodia maydis* (SANGOI et al., 2000).

O controle químico da antracnose é amplamente utilizado em cultivares suscetíveis. Os principais fungicidas utilizados pertencem aos grupos químicos das estrobilurinas, benzimidazóis, triazóis e à base de estanho (AGROFIT, 2013). Estes produtos são utilizados de duas a quatro aplicações por safra dependendo da pressão de doenças, determinada pelas condições ambientais e disponibilidade de inóculo dos patógenos.

Nesta pesquisa, objetivou-se verificar a influência de dois cultivares com hábito de crescimento simpodial e monopodial, e de duas populações de plantas, sobre a intensidade da antracnose e o desempenho do controle químico com fungicidas, utilizando-se um programa com apenas duas aplicações.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado na quadra C-8 do campo experimental da Universidade de Passo Fundo, no município de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. O local está situado a 670 m de altitude, 28°25' de latitude Sul e 52°40' de longitude Oeste. O período de execução foi de novembro/2010 a abril/2011.

Foram utilizadas duas cultivares, uma do grupo carioca e outro do grupo preto (Pérola). A primeira apresenta hábito de crescimento simpodial, com plantas mais prostradas e maior fechamento do espaço entre linhas de cultivo. A segunda se caracteriza por crescimento monopodial, gerando plantas mais eretas.

O delineamento experimental foi fatorial em blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos avaliados incluíram dois cultivares, duas populações de plantas e quatro programas de aplicação foliar de fungicidas. Ao todo foram 32 parcelas para cada cultivar, sendo cada parcela composta por seis linhas de 5 m, resultando em área útil de 13,5 m<sup>2</sup>.

O local de cultivo foi previamente preparado com dessecação das plantas invasoras com o herbicida glifosato (roundup, 2 L/ha). A adubação ocorreu no sulco de semeadura, através da distribuição de 300 kg/ha da fórmula 10-30-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). Aos 25 dias após a semeadura realizou-se a adubação de cobertura com 100 kg de uréia/ha.

As sementes foram tratadas com o inseticida fipronil (standak, 100 mL/ha) e não tratadas com fungicida para permitir a transmissão do patógeno presente nas mesmas, em incidência de 1,4% (Preto Pérola) e 1,9% (Carioca).

A semeadura foi realizada em 10/1/2011, sobre restos culturais de trigo. As linhas foram sulcadas a uma profundidade de 5 cm, com uma semeadora Metasa, com linhas espaçadas entre si por 0,45 m. Posteriormente as sementes foram distribuídas manualmente e as linhas fechadas com enxada. Utilizaram-se 10 e 13 sementes por

metro linear. As populações resultantes variaram entre 205.000 e 253.000 plantas/ ha.

Ao longo do ciclo da cultura foram realizadas duas aplicações sequenciais da mistura de herbicidas fluzifope butílico + fomesafem (robust, 800 mL/ha) e duas da mistura de inseticidas tiametoxam + lambda-cialotrina (engeo pleno, 150 mL/ha).

As aplicações foliares de fungicidas foram divididas em quatro tratamentos: 1) testemunha pulverizada apenas com água, 2) trifenil hidróxido de estanho + azoxistrobina (mertin - 700 mL + amistar 100 mL/ha), 3) carbendazim + azoxistrobina (derosal - 500 mL + amistar - 100 mL/ha), 4) tebuconazol + trifloxistrobina (nativo - 600 mL/ha). Foram realizadas duas aplicações, uma em pré-floração (aproximadamente 30 dias após a emergência) e a segunda 20 dias depois. Utilizou-se um pulverizador costal, pressurizado com CO<sub>2</sub>, dotado de seis pontas do tipo TT 110015, ajustado para um volume de aplicação de 150 L/ha. Para o tratamento 4 utilizou-se o adjuvante aureo, na dose de 400 mL/ha.

As avaliações da intensidade de doença foram realizadas em intervalos médios de 10 dias, através da coleta de três plantas por parcela e análise da incidência e severidade dos trifólios em laboratório. Para avaliação da severidade utilizou-se uma escala diagramática disponível em Dalla Pria et al. (2003).

A colheita foi em abril de 2011, sendo realizada manualmente. As plantas foram arrancadas e trilhadas em batedor de feijão. Após os grãos foram separados das impurezas em máquina de limpeza e, posteriormente, pesados e analisados quanto ao seu teor de umidade.

As análises estatísticas foram realizadas com o software SASM-Agri, versão 8.2. Inicialmente procedeu-se a análise de variância para verificar a significância de cada fator e de suas respectivas interações. Posteriormente, procedeu-se a aplicação do teste de comparação de médias por Duncan, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

As condições ambientais durante o período de janeiro a março / 2011, no local do experimento, se caracterizaram por distribuição regular de chuvas nos meses de janeiro e fevereiro. Em março, mais de 90% da precipitação se concentrou na última semana. O volume de precipitação acumulado em cada mês atingiu 150,4 mm em janeiro, 210,4 mm em fevereiro e 219,6 mm em março (Figura 1). Portanto, exceto parte do mês de março, o clima foi favorável ao desenvolvimento da antracnose.

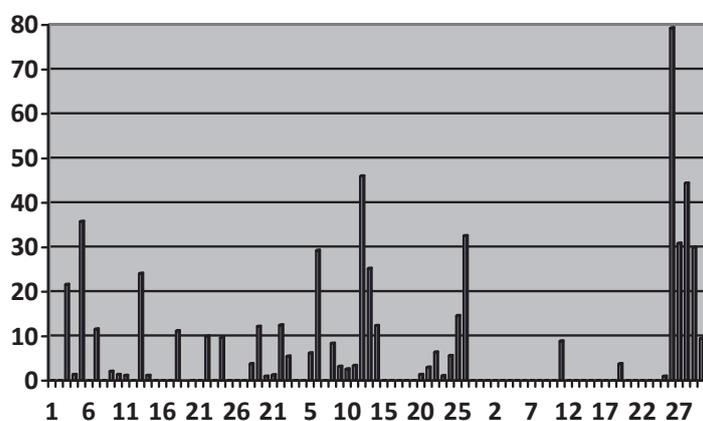


Figura 1 - Precipitação pluviométrica nos meses de janeiro a março de 2011. Passo Fundo, UPF, 2011. Fonte: Embrapa Trigo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A severidade da antracnose variou em função do cultivar e da população de plantas (Figura 2). Numericamente a severidade foi maior no cultivar Carioca e na população de 253.000 plantas/ha. Contudo, a taxa de progresso de doença estimada pelo modelo logístico (Figura 3) variou pouco, de  $0,14(\pm 0,04)$  a  $0,15(\pm 0,02)$ ,  $0,16(\pm 0,01)$  e  $0,17(\pm 0,01)$  unidades/dia. Como os intervalos de confiança (95%) se sobrepõem, pode-se afirmar que elas não diferem entre si.

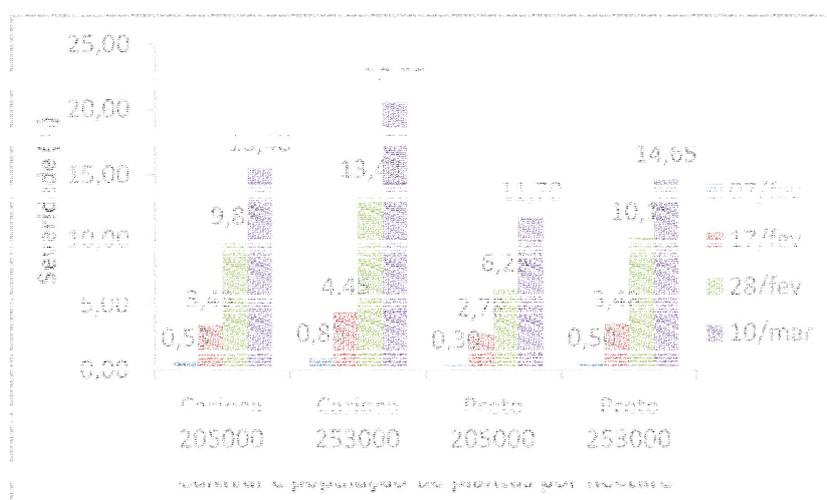


Figura 2 - Severidade da antracnose do feijão em dois cultivares e duas populações de plantas. UPF, Passo Fundo - RS, 2011.

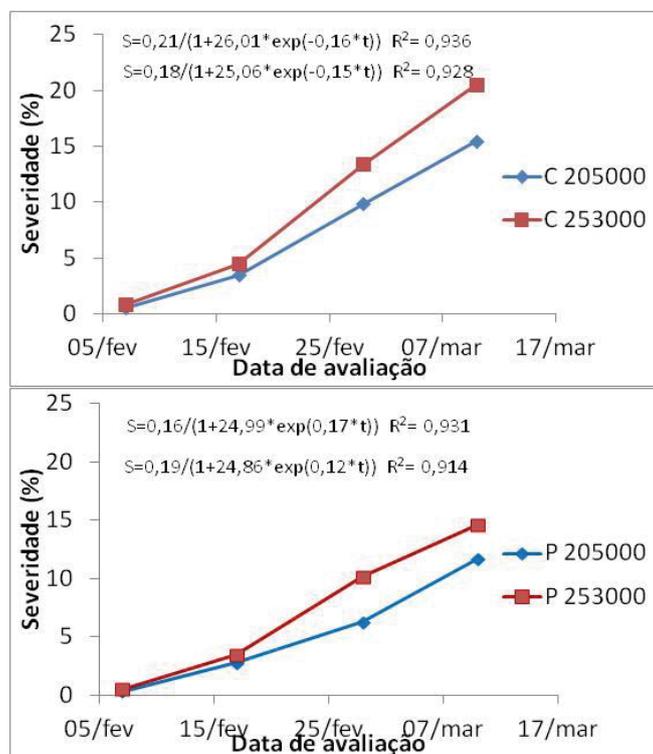


Figura 3 - Progresso da antracnose do feijão nos cultivares Carioca e Preto Pérola, em duas populações de plantas (205.000 e 253.000/ha). A relação entre severidade e tempo é representada pelo modelo logístico, onde o parâmetro que multiplica o tempo equivale à taxa de progresso da antracnose em cada cultivar e população. UPF, Passo Fundo-RS, 2011.

As avaliações de severidade foram integralizadas como área abaixo da curva de progresso da antracnose, cuja análise de variância consta no quadro 1. Houve efeito significativo de todos os fatores (cultivar, população e fungicida) e suas interações. Dessa, forma pode-se afirmar que a integral da antracnose diferiu entre

cultivares, entre populações e também entre os fungicidas foliares utilizados. A comparação destes foi desmembrada para cada cultivar e população (Tabela 1). Em todas as situações, a aplicação de fungicidas reduziu significativamente a quantidade de doença em relação à testemunha. Também houve diferença entre os fungicidas (Tabela 1), onde a combinação de trifenil hidróxido de estanho + azoxistrobin foi superior às demais em três das quatro combinações de cultivar e população. A mistura de carbendazin + azoxistrobin também diferiu do fungicida trifloxistrobin + tebuconazol em todas as situações.

Quadro 1 - Análise de variância da área abaixo da curva de progresso da antracnose com base na severidade. UPF, Passo Fundo, 2011.

<b>Causas de variação</b>	<b>G L</b>	<b>Soma dos quadr.</b>	<b>Quadr. médio</b>	<b>Valor de F</b>	<b>F (5%)</b>	<b>F (1%)</b>
Cultivar	1	17855,6	17855,6	301,69**	4,05	7,23
População	1	9433,2	9433,2	159,38**	4,05	7,23
Fungicidas	3	372287,6	124095,8	2096,74**	2,81	4,24
Cult. x Popul.	1	791	791	13,36**	4,05	7,23
Cult. x fungic.	3	7273	2424,3	40,96**	2,81	4,24
Popul. x fungic.	3	10035,1	334	56,51**	2,81	4,24
Cul.x Pop.x fungic.	3	621,6	207,2	3,50*	2,81	4,24
Tratamento	15	418297,4	27886,4	471,17**	1,89	2,46
Blocos	3	43,4	14,4	0,24ns	2,81	4,24
Resíduo	45	2663,3	59,1			
Total	63	421004,2				
C.V.		9,06%				

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro; \*\*significativo a 1%; ns = não significativo.

Tabela 1 - Área abaixo da curva de progresso da antracnose em função da aplicação foliar de fungicidas. UPF, Passo Fundo-RS, 2011

Tratamento	Área abaixo da curva de progresso da antracnose			
	205.000 plantas		253.000 plantas	
	Carioca	Preto	Carioca	Preto
Testemunha	212,5 a	286,0 a	150,5 a	212,2 a
trifenil hidróxido de estanho + azoxistrobin	25,0 d	34,2 d	13,7 d	25,5 c
trifloxistrobin + tebuconazol	59,0 b	85,2 b	48,7 b	43,2 b
carbendazin + azoxistrobin	47,2 c	63,5 c	25,2 c	26,2 c
C.V.	8,4%	7,6%	6,9%	11,8%

Médias com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

O rendimento de grãos (Tabela 2) da cultura foi satisfatório, variando de um mínimo de 2784,5 kg a um máximo de 4078,4 kg/ha. O cultivar Carioca foi mais produtivo que o Preto em ambas as populações de plantas. A menor população de plantas tendeu a rendimentos maiores, porém não houve diferença estatística entre elas. A aplicação foliar dos fungicidas resultou em rendimentos de grãos maiores do que a testemunha. Entre os fungicidas, contudo, as produtividades foram semelhantes.

Tabela 2 - Rendimento de grãos do feijão em função da aplicação foliar de fungicidas, em dois cultivares e duas populações de plantas. UPF, Passo Fundo - RS, 2011.

Tratamento	Rendimento de grãos (kg/ha)			
	205.000 plantas		253.000 plantas	
	Carioca	Preto	Carioca	Preto
Testemunha	3051,3 b	3002,1 b	2784,5 b	2853,0 b
trifenil hidróxido de estanho + azoxistrobin	4078,4 a	3530,6 a	3963,0 a	3512,5 a
trifloxistrobin + tebuconazol	3996,6 a	3542,8 a	3858,1 a	3428,5 a
carbendazin + azoxistrobin	3983,4 a	3437,2 a	3884,6 a	3406,4 a
C.V.	9,6	7,8	10,5	10,3

Médias com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

O peso de mil grãos (Tabela 3) foi maior no cultivar Carioca e na população menor de plantas. O PMG também foi influenciado pela aplicação de fungicidas, exceto no cultivar Preto Pérola e população de 253.000 plantas.

Tabela 3 - Peso de mil grãos de feijão em função da aplicação foliar de fungicidas. UPF, Passo Fundo - RS, 2011.

Tratamento	Peso de mil grãos (g)			
	205.000 plantas		253.000 plantas	
	Carioca	Preto	Carioca	Preto
Testemunha	241,8 b	227,0 b	236,5 b	225,2 ns
trifenil hidróxido de estanho + azoxistrobin	257,9 a	235,7 a	253,0 a	230,6
trifloxistrobin + tebuconazol	252,7 a	234,6 a	250,3 a	232,3
carbendazin + azoxistrobin	255,8 a	232,8 a	251,5 a	233,5
C.V.	3,4%	3,8%	4,5%	5,1%

Médias com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Segundo Berger (1977), a quantidade final de doença em uma epidemia é função da sua quantidade inicial, da taxa de progresso de doença e do tempo. Neste trabalho com a antracnose do feijão, a área abaixo da curva de progresso da doença diferiu entre cultivares e populações de plantas. Como a taxa de progresso da antracnose foi similar entre elas, infere-se que a quantidade inicial foi importante. De fato, pela análise de sanidade feita em laboratório anteriormente á sementeira, houve uma incidência de *C. lindemuthianum* na semente maior na cultivar carioca (1,9%) em comparação á cultivar Perola (1,4%), caracterizando uma quantidade inicial de inóculo maior na primeira cultivar. Pode-se acrescentar ainda que na primeira avaliação, o cultivar Carioca apresentou severidade de 0,53 a 0,85%, contra 0,3 a 0,5% do Preto Pérola. Entre as populações, a severidade inicial variou de 0,3 a 0,53% na menor e de 0,5 a 0,85% na maior.

O fungo *Colletotrichum lindemuthianum* tem seus esporos disseminados por respingos de água. Tinha-se, portanto, a expectativa de que a população maior de plantas (253.000/ha) favorecesse a disseminação do patógeno, pela maior proximidade de hospedeiros. Isso só foi possível observar pela integral das avaliações de severidade, mas não pela taxa de progresso da doença. É possível que as populações resultantes não tenham sido diferentes o bastante para promover variações maiores na evolução da doença. Neste sentido, Jauer et al. (2006), trabalhando com densidades de feijão de 250 e 350 mil plantas/ha, observaram que a interação população de plantas e tratamento fitossanitário não foi significativa.

As diferenças entre os cultivares quanto à área abaixo da curva de progresso da antracnose podem estar relacionadas ao seu

hábito de crescimento, uma vez que ambos cultivares são suscetíveis à doença. O cultivar do tipo Carioca tem hábito de crescimento simpodial, com mais ramificações, de modo que a planta se distribui mais sobre o solo, cobrindo o mesmo e, provavelmente, mantendo o microclima no dossel das plantas favorável à epidemia. O cultivar Preto Pérola é monopodial, ou seja, com menos ramificações, plantas mais eretas e entre-linhas mais abertas. Vale destacar ainda explicando o resultado obtido.

A aplicação de fungicidas, independente do cultivar e da população de plantas, apresentou comportamento semelhante em termos de redução da severidade da antracnose e também quanto ao seu impacto no rendimento. Esse fato demonstra a importância do controle químico da antracnose na produtividade da cultura. Outros aspectos afetam menos o rendimento do feijão. De fato, Didonet & Costa (2004), trabalhando com diferentes espaçamentos (30, 40 e 50 cm) e densidades de plantas (10, 13 e 16/metro linear), verificaram pouca influência destes fatores no rendimento de grãos da cultura. Apenas o espaçamento de 40 cm exerceu efeito significativo sobre o número de vagens e grãos e rendimento final.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os cultivares e as populações de plantas influenciaram a quantidade inicial e final da antracnose do feijão, porém não na sua taxa de progresso diário. O controle químico da doença através de duas aplicações de fungicidas apresentou resultados similares, independente do cultivar e da população. Variações nos níveis

testados neste trabalho não determinam a necessidade de alterar o programa de manejo químico da antracnose.

## CAPÍTULO II

### PROGRESSO DA ANTRACNOSE DO FEIJÃO, COM E SEM IRRIGAÇÃO, A PARTIR DE PLANTAS FOCO.

**Resumo** – A antracnose do feijão, causada por *Colletotrichum lindemuthianum*, pode comprometer severamente o rendimento de grãos da cultura. A disseminação do fungo internamente na lavoura, e a consequente infecção, é mediada por respingos de água com esporos de plantas fontes de inóculo. A evolução da doença a partir de plantas foco foi avaliada em experimentos conduzidos em campo, na Universidade de Passo Fundo, na safra 2012. Plantas de feijão foram cultivadas em espaçamento de 0,5 m, população de 200.000 plantas/ha, e submetidas ou não à irrigação complementar por aspersão, constituindo-se de parcela irrigada e não irrigada. A fonte de inóculo foi composta por plantas inoculadas em casa de vegetação que posteriormente foram dispostas no centro de cada parcela (10 x 10 m). Avaliou-se o progresso da doença nas plantas marcadas na parcela (através de análise de incidência e severidade em folhas e pecíolos), sem a remoção destas. Após a colheita, as plantas marcadas foram levadas ao laboratório para análise de incidência de *C. lindemuthianum* em grãos e vagens. A maior severidade foi observada nas plantas posicionadas a 0,5 m de distância, tendo atingido 12,25% na condição com irrigação e 0,75% na área não irrigada. À medida que a distância a partir da fonte de inóculo foi aumentada, a severidade final sob irrigação diminuiu para 6,25% (1,0 m), 5,00% (1,5 m), 4,00% (2,0 m), 3,75% (2,5 m) e 2,25% (3,0 m). Pode-se

observar a dependência do fungo em relação ao respingo de água para disseminação. Os gradientes acentuados de infecção das plantas e das sementes colhidas a partir da fonte de inóculo sugerem a possibilidade de manejar a doença através da alteração do arranjo de plantas, com espaçamento mais amplo e/ou população menor.

**Palavras-chave:** *Colletotrichum lindemuthianum*, *Phaseolus vulgaris*, disseminação, gradiente de doença, manejo da água.

#### **PROGRESS OF ANTHRACNOSE OF BEANS, WITH AND WITHOUT IRRIGATION, FROM FOCUS PLANTS**

**Abstract** – The anthracnose of beans, caused by *Colletotrichum lindemuthianum*, can severely compromise the developing of culture grains. The dissemination of fungus internally in the farming, and the consequently infection, is mediated by sprinkles of water with spores of source plants of inoculum. The evolution of disease from focus plants was evaluated in experiment conducted in field, in the University of Passo Fundo, in the crop 2012. Plants of beans were cultivated in space of 0,5 m, population of 200.000 plants/ha, and submitted or not to complementary irrigation by aspersion, constituted of an irrigated part and a not. The source of inoculum was composed by inoculated plants in each house of vegetation which after were disposed in the center of each part (10 x 10 m). It was evaluated the disease progress in plants marked in part (through the analysis of incidence and severity in leaves and petioles), less the remotion of these. After the harvest, the marked plants were taken in lab to

analysis of incidence of *C. lindemuthianum* in grains and green beans. The major severity was observed in plants positioned to 0,5 m of distance, keeping 12,25% in irrigation condition and 0,75% in a not irrigated area. According the distance from the source of inoculum was increased, the final severity in irrigation decreased to 6,25% (1,0 m), 5,00% (1,5 m), 4,00% (2,0 m), 3,75% (2,5 m) and 2,25% (3,0 m). It was observed the fungus dependence in relation to the sprinkle of water to dissemination. The highlighted gradients of infection of plants and seeds from source of inoculum suggest a possibility to manage the disease through the alteration of the arrangement of plants, with bigger space and/or lower population.

**Key-words:** *Colletotrichum lindemuthianum*, *Phaseolus vulgaris*, dissemination, gradient of disease, management of water.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijão desempenha papel importante na alimentação, se constituindo em ingrediente básico da dieta da população brasileira (BARBOSA & GONZAGA, 2012). Por ser cultivada em vários meses do ano, durante três safras anuais, a cultura fica exposta a uma série de fatores capazes de ocasionar perdas na produção, dentre eles as doenças que vêm associadas ao pequeno rendimento da cultura e à baixa qualidade sanitária e comercial do produto.

A antracnose, cujo agente etiológico é o fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Bri.& Cav., é uma das doenças mais importantes da cultura, estando presente em todas as épocas do ano. Sob condições favoráveis de ambiente, a perda em produtividade de grãos pode chegar a 90% (DALLA PRIA & SILVA, 2010). O dano é consequência da presença do patógeno na área sendo que a extensão da epidemia depende da forma como o patógeno se dissemina, associado a condições ambientais favoráveis ao progresso da epidemia.

Os esporos de *C. lindemuthianum* são facilmente disseminados principalmente por respingos de chuva e auxiliados pelo vento para atingir diferentes distâncias (DALLA PRIA & SILVA 2010). Agostini (1993) apud Madden et al. (1996) afirmam que a ocorrência da antracnose causada por *Colletotrichum* spp. está fortemente associada com a ocorrência de chuva, e que a dispersão depende do impacto da gota de chuva (Fitt, 1986 apud MADDEN et

al., 1996). A disseminação desse patógeno, segundo Menezes (2006), também pode estar associado na forma de micélio a sementes, e ser disseminado por esta via de uma área para outra e quando sementes poderão transmiti-la para plântulas.

Quando em fase reprodutiva, *C. lindemthianum* produz células conidiogênicas geralmente agregadas em acérvulos que estão envolvidos por uma matriz gelatinosa chamada biotina, constituída de polissacarídeos e proteínas solúveis em água. Essa matriz protege os conídios da dessecação, aumentando a eficiência de germinação e penetração no tecido hospedeiro. Para invadir o tecido hospedeiro, o esporo dessa espécie germina e produz uma estrutura especializada, chamada tubo de penetração. Com o processo de colonização, nos tecidos da planta afetada, surgem os sintomas de antracnose, visíveis principalmente em folhas, pecíolos e vagens.

Condições ambientais que estão diretamente envolvidas no processo da epidemia, como temperatura, umidade (água livre ou orvalho), vento, fotoperíodo, período de molhamento foliar, radiação e precipitação exercem papel preponderante uma vez que também influenciam na epidemia. Dalla Pria et al. (2003), observaram que a temperatura possui grande influência na severidade e período de incubação da antracnose, com um ótimo de 17 °C. Em trabalho realizado por Santos et al. (1993), sobre o progresso e o gradiente da ramulose do algodoeiro, foi constatado que, em condições de alta temperatura e alta umidade relativa, a doença progrediu 1,0 m no espaço, a cada dia, a partir da fonte de inóculo inicial.

Além da escolha do genótipo, o manejo adequado da lavoura é o fator mais importante para extrair o máximo de

rendimento da cultura. O arranjo de plantas, representado pelo número de plantas por unidade de área aliado à disposição das mesmas na lavoura merece atenção especial. No Rio Grande do Sul, a população de plantas recomendada, para a variedade IPR Tiziu nos testes é de 200.000 a 250.000 pl/ha e espaçamento de 0,4 a 0,5 m. Geralmente, os produtores escolhem o espaçamento e a população de plantas visando características agronômicas desejáveis, não considerando fatores que podem interferir negativamente nesse rendimento, como as doenças. Os produtores, em particular aqueles que utilizam irrigação e tecnologia mais avançada para a cultura do feijão, têm utilizado semeaduras mais adensadas em busca de maior rendimento (KRINSKI, 2002). Para Horn et al. (2000), o aumento na população de plantas não afeta a maioria das características agronômicas das plantas, porém provoca redução na porcentagem de plantas encostando vagens no solo, não provocando modificações no rendimento de grãos. Contudo, a redução do espaçamento, aumenta o sombreamento, favorecendo a formação de microclima favorável para o desenvolvimento de patógenos. Por essa razão, adota-se espaçamento maior, para que possa auxiliar no controle, não só da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), mas de outras doenças como a ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), mancha alternaria (*Alternaria attemata*) e doenças de solo como mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), mela (*Thanatephorus cucumeris*) e murcha de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*) (Krinski, 2002). Em estudos feitos por Blum et al. (2003) com a cultura do milho, observaram que quanto maior a população de plantas de milho, maior a intensidade de

podridões do colmo causado por *C. graminicola*, *Diplodia maydis* e *Fusarium moniliforme*.

O feijão é uma cultura sensível a falta de água e portanto faz-se necessário um sistema de irrigação para suprir essa necessidade. Porém, esse manejo altera o microclima no dossel da planta, favorecendo a ação de patógenos causadores de doenças. No Brasil, a região noroeste de Minas Gerais cultiva feijão irrigado e segundo Lobo Jr, (2005) a água da chuva ou irrigação ajuda na disseminação de doenças para plantas vizinhas.

Considerando a disponibilidade de um hospedeiro suscetível, a presença do patógeno na área, associada à condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da epidemia, podem estabelecer estudos envolvendo esses fatores para melhor entender o patossistema em questão e caracterizando epidemiologicamente, estabelecer padrões que mostrem a disposição de plantas doentes em relação a plantas saudáveis (WAGGONER & AYLOR, 2000). Essa distribuição de plantas doentes umas em relação às outras é denominada distribuição espacial e mostra o papel de possíveis agentes de disseminação como o vento (Gottwald et al., 1993 apud JESUS JR & BASSANESI, 2004), a chuva (Agostini et al., 1993 apud JESUS JR. & BASSANESI 2004) e vetores (LARANJEIRA et al., 1998b). Bergamin Filho et al. (2004) afirma ainda que complementando a análise espacial com a análise temporal, pode-se extrair mais informações úteis para o estudo da antracnose, a caracterização do padrão de dispersão da doença bem como delinear estratégias de controle eficazes.

Para Bianchini et al. (2005), espécies do gênero *Colletotrichum* tem padrão agregado de distribuição do inóculo e da doença. A mesma conclusão foi obtida por Alves et al. (2006).

Uma lavoura de feijão bem estabelecida, com a população de plantas uniformemente distribuída e adequada, é o primeiro passo para se obter sucesso na produção. Esse fato está ligado a utilização de sementes de boa qualidade, as quais, devem ser livres de patógenos, possuir pureza física, boa germinação e vigor (BRASIL, 2009). A obtenção de sementes de feijão com qualidade sanitária aceitável requer o conhecimento a respeito da disseminação dos patógenos que a ela podem se associar, bem como do desenvolvimento da doença. No caso da antracnose o conhecimento do processo de transmissão do patógeno planta-semente é fundamental para evitar problemas de infecção das sementes nos campos de produção e a consequente obtenção de sementes com níveis de incidência de patógenos acima daqueles recomendados pela legislação (ZAMBOLIN et al., 2005).

Em síntese, já está comprovado que cada vez mais, plantas saudáveis ao lado de plantas doentes tornam-se doentes, com o passar do tempo. Dessa forma, conhecer o progresso de uma doença ao longo do tempo e do espaço, a partir da fonte de inóculo, possibilita conhecer a dinâmica da interação de patógenos com hospedeiros, sua transmissibilidade planta-semente, dando base para traçar estratégias de controle no manejo da doença e consequente aumento da produtividade da cultura.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no laboratório de Fitopatologia e no campo experimental da Universidade de Passo Fundo, no período de dezembro de 2011 a março de 2012 (1º safra) e fevereiro de 2012 a julho de 2012 (2º safra). O campo experimental está localizado a 28° 13'27'S e 52° 23' 07' O. A área escolhida para a realização desse experimento foi cultivada anteriormente com trigo, não havendo relato de cultivo de feijão.

### 2.1 Obtenção do isolado, conservação e esporulação.

O isolado utilizado nas inoculações foi obtido a partir de folhas e pecíolos da cultivar Uirapuru, procedentes do município de Santa Maria/RS. Lesões típicas de antracnose foram cortadas em pequenos fragmentos e estes desinfestados com solução aquosa de hipoclorito de sódio (1%) por três minutos, sendo então lavados três vezes com água destilada para retirar o excesso do desinfestante. Os fragmentos foram distribuídos em placas de Petry com meio de cultura de batata dextrose ágar (BDA) e incubados sob temperatura de 25±2°C e fotoperíodo de 12 horas, proporcionado por lâmpadas fluorescentes (40 W). Após a purificação do material através de repicagens sucessivas, com o auxílio de uma agulha histológica flambada, estruturas do patógeno foram transferidas para tubos de ensaio contendo meio de cultura de BDA para conservação e posterior utilização.

Para estimular a esporulação, utilizou-se a técnica da vagem incubada em tubos de ensaio (PIO RIBEIRO & CHAVES, 1975). Em cada tubo, foi adicionado 20 ml de meio ágar água, sobre a qual foi fixada uma vagem previamente lavada. Esse material foi autoclavado a 125 °C por 40 min. e resfriado por 3 a 4 horas. Posteriormente, uma amostra da colônia do patógeno em BDA, foi adicionada ao tubo e incubada sob as mesmas condições de temperatura e fotoperíodo citadas acima.

## **2.2 Inoculação e Plantas fonte de inóculo.**

Sementes da cultivar IPR Tiziu foram cultivadas em casa de vegetação, em vasos de 5 Kg, contendo solo, sendo mantidas cinco plantas por vaso. Quando as plantas apresentavam o primeiro trifólio completamente expandido, foi realizada a inoculação com uma suspensão de conídios de *C. lindemuthianum*. O inóculo foi obtido a partir de colônias crescidas em vagens esterilizadas em tubos de ensaio (descritas acima), com aproximadamente 10 dias de incubação. A esses tubos, foram adicionados 3 ml de água destilada e espalhante Tween 1%, após agitação manual a suspensão foi filtrada em coador até obter-se uma suspensão com conídios homogênea. Com auxílio de um hemacitômetro (Câmara de Neubauer), a suspensão foi ajustada para uma concentração de  $1,2 \times 10^6$  esporos / ml e efetuada a inoculação com auxílio de um borrifador. Após a inoculação, as plantas foram incubadas em câmara úmida por 48 h, provendo-se assim, as condições necessárias para a infecção. Após o aparecimento dos sintomas característicos do patógeno, esses vasos foram colocados

no centro da parcela para servirem de fonte de inóculo para a antracnose.

### **2.3 Área experimental.**

Anteriormente a semeadura no campo, as sementes foram submetidas à análise de sanidade de sementes e tratadas com os fungicidas carbendazim + tiram (derosal Plus, 2,5 mL / Kg sem.). As parcelas receberam aplicações dos inseticidas clorantraniliprole + lambda - cialotrina (ampligo, 35ml / ha), alternado com aplicações de lambda-cialotrina + tiametoxan (engeo pleno, 125 ml / ha). Para o controle de ervas daninhas, realizou-se a aplicação dos herbicidas fomesafen (flex, 1 l / ha); fluazifope-P-butílico (fusilad, 1 l / há) com capina manual para manutenção. Toda área foi suprida com sistema de irrigação com aspersores, cada um com raio de alcance de 5 m. A irrigação foi efetuada ao final do dia, exceto nos dias com chuva, a cada dois dias (na área irrigada) e uma vez por semana (na área não irrigada). Utilizou-se a cultivar de feijão IPR Tiziu, suscetível a antracnose, pela sua frequência de uso pelos produtores da região. Essa cultivar possui ciclo de 87 dias, crescimento indeterminado tipo II, porte ereto, grupo comercial preto, alto potencial de rendimento e ampla adaptação (BARBOSA & GONZAGA, 2012). As parcelas mediram 10 x 10 m e foram separadas em irrigadas e não irrigadas. A semeadura foi manual, com uma população final de 200.000 pl / há, com espaçamento de 0,5 m entre linhas. Foram selecionadas e marcadas plantas na linha e transversalmente à linha, do centro da parcela para a extremidade, na forma de cruz. As plantas foram

localizadas a 0,5 m; 1 m; 1,5 m; 2 m; 2,5 m e 3 m de uma planta doente considerada fonte de inóculo. No centro da parcela, foram adicionados vasos com plantas fonte de inóculo preparadas em casa de vegetação. A partir desse momento, iniciaram-se as avaliações, no total de seis, considerando-se a incidência e severidade de antracnose em folhas e pecíolo das plantas marcadas. A precipitação pluviométrica foi monitorada por pluviômetros em diversos pontos no local do experimento. A temperatura e a umidade relativa foram obtidas a partir da estação experimental da Embrapa Trigo/ Passo Fundo, distante 650.m do local de condução do trabalho.

Durante o período de avaliação da doença (17 de abril a 22 de maio), a temperatura variou entre 14°C e 19,7°C com média de 16,8°C e a umidade relativa ficou na faixa de 71,5% (Figura 1). A precipitação pluvial apresentou valores médios de 43,14 mm. A Figura 2 está mostrando a variação da precipitação pluvial ocorrida em cada situação (com e sem irrigação), podendo-se observar que para todo o período avaliado (17 de abril a 22 de maio), houve uma maior precipitação pluvial na área irrigada em comparação á área não irrigada devido a irrigação complementar. No mês de abril, houve uma diferença de irrigação nas áreas de 39,5 mm para o 2º decêndio e de 42 mm para o 3º decêndio. No mês de maio, houve um acumulado de 93,5 mm de chuva, distribuídos em 52,5mm no 1º decêndio, 16mm no 2º decêndio e 25 mm no 3º decêndio com complementação de irrigação somente no 3º com 12 mm irrigação.

## 2.4 Avaliação.

As variáveis avaliadas foram incidência e severidade em folhas e em pecíolos nas plantas previamente marcadas. A avaliação foi no local, sem remoção das plantas, em intervalos semanais, totalizando seis avaliações. Avaliou-se também a incidência do patógeno em vagens e sementes.

Os valores de incidência e severidade da doença foram utilizados para construir as curvas de progresso da doença em função da distância da fonte de inóculo e do período de avaliação. A análise destas curvas foi por regressão não linear, utilizando-se de modelos logarítmico negativo. Para o gradiente da doença em função da distância, as taxas de progresso de doença em função do tempo foi estimado pelo modelo logístico. Os valores de severidade ao longo do tempo foram integralizados em área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme Campbell & Madden (1990).

## 2.5 Sanidade de vagens e sementes.

As vagens e sementes analisadas nesse estudo foram provenientes das plantas marcadas no interior da parcela e coletadas no período de maturação fisiológica. A avaliação da incidência em vagem de feijão foi realizada pelo método do papel filtro (*blotter test*), descrita por Brasil (2009). As vagens foram desinfestadas com hipoclorito de sódio (1%) durante três minutos e lavadas com água esterilizada para retirada do excesso. Posteriormente, as mesmas foram dispostas individualmente em caixas de acrílico tipo gerbox,

com duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada, sendo 10 vagens por caixa. As caixas de acrílico foram previamente desinfestadas com solução de álcool 70%. O material foi incubado durante sete dias em câmara de crescimento com temperatura de 22 °C e fotoperíodo de 12 horas. A avaliação foi feita com auxílio de lupa binocular, considerando-se infectada a vagem com acérvulos de *C. lindemuthianum*. A confirmação da identidade do fungo foi verificada pela montagem de lâmina em microscópio ótico e verificação da morfologia do esporo.

A incidência em sementes foi obtida pelo método de incubação em rolo de papel, modificada por Ribeiro (2007). Foram utilizadas quatro folhas de papel germitest medindo 38 x 28 cm, umedecidas até 25 x o peso do papel. Foi realizada a desinfestação superficial das sementes por meio de solução 1% de hipoclorito de sódio por três minutos seguida de três lavagens com água destilada para retirada do excesso do hipoclorito. Sobre duas das folhas foram dispostas uniformemente sementes de cada planta e, sobre as sementes, as outras duas folhas de papel. As folhas foram enroladas e colocadas na posição vertical, em recipientes de garrafas PET de 600 ml (que foram cortadas formando um copinho de 10 cm de altura), envolvidas com sacos de polipropileno e colocadas em sala de incubação com temperatura de  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 12h de luz. Após 15 dias, realizou-se a avaliação das plântulas e cotilédones individualmente, sendo considerada infectada aquela com acérvulos, com posterior confirmação pela montagem de lâminas e visualização dos sinais em microscópio ótico.

A incidência do patógeno, tanto em semente quanto em vagem, foi expressa em porcentagem. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e os dados submetidos à análise de variância e à comparação de médias pelo teste de Tukey 5%.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais observadas no período de avaliação da incidência e da severidade situaram-se abaixo dos valores referenciados para a infecção, porém ainda houve ocorrência da doença e aumento da epidemia ao longo do período de avaliação. Segundo Vale et al. (2004), a temperatura ótima para a infecção por *C. lindemuthianum* no campo é de aproximadamente 22°C, com umidade relativa de 95%.

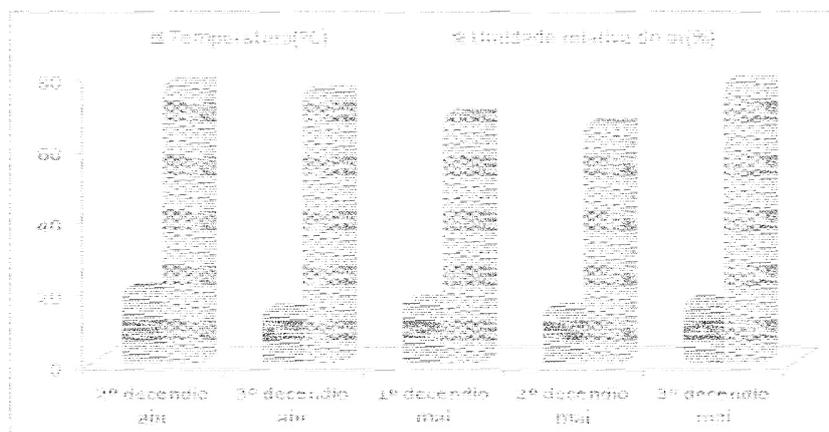


Figura 1 - Umidade relativa do ar (%) e temperatura média (°C), por decênio, no período de abril a maio de 2012. Fonte: Embrapa Trigo/ Passo Fundo.

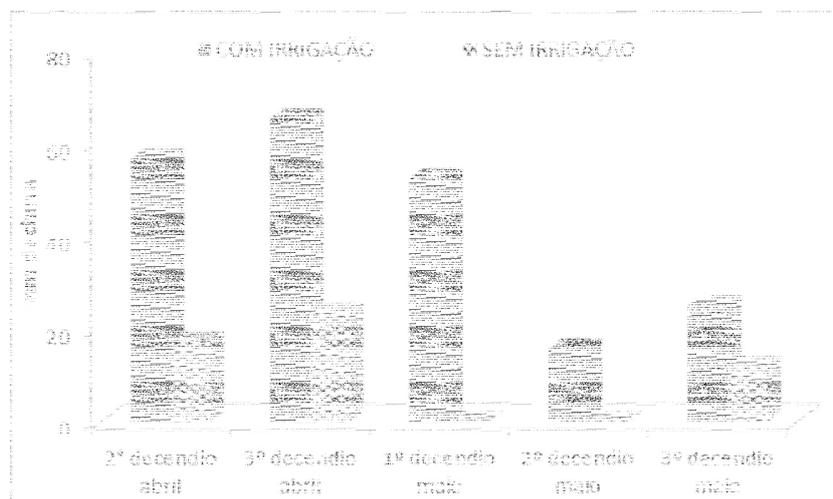


Figura 2 - Precipitação pluviométrica média (mm), com e sem irrigação suplementar. Passo Fundo, 2012.

A área do experimento foi cultivada com trigo no inverno e soja no verão anterior, não tendo sido utilizada para cultivo de feijão. As sementes utilizadas foram analisadas quanto à sua sanidade em laboratório, mas não foi constatada a presença de *C. lindemuthianum*. As mesmas foram também tratadas com o fungicida carbendazim + thiram (derosal Plus, 2,5 mL / Kg sem). Com isso, assume-se que a fontes de inóculo para doença foram as plantas inoculadas e colocadas no centro de unidade experimental.

A evolução da epidemia também foi caracterizada pelo aumento temporal da severidade nas plantas posicionadas a diferentes distâncias da fonte de inóculo (Figura 3). Ao final das avaliações, a maior severidade em folhas e pecíolos das plantas marcadas foi

observada nas plantas posicionadas a 0,5 m de distância, tendo atingido 14% na condição com irrigação e 0,75% na área não irrigada. À medida que a distância a partir da fonte de inóculo foi aumentada, a severidade final sob irrigação diminuiu para 6,25% (1,0 m), 5,00% (1,5 m), 4,00% (2,0 m), 3,75% (2,5 m) e 2,25% (3,0 m).

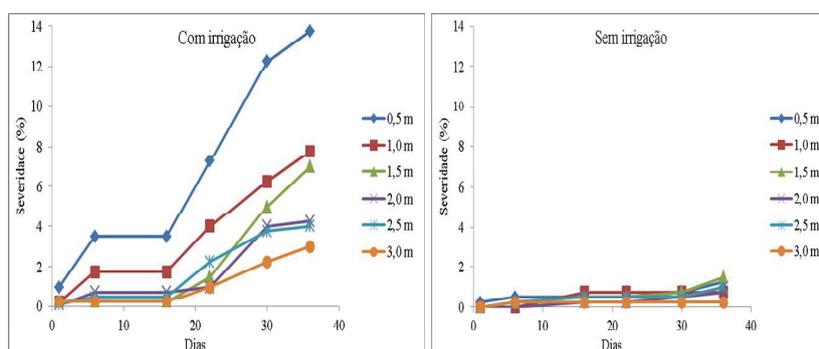


Figura 3 - Severidade da antracnose em função da distância da fonte de inóculo, com e sem irrigação.

A partir dos dados de severidade, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), que integraliza a doença ao longo das seis avaliações realizadas (Figura 4). A AACPD variou de 36,3 a 234,5 unidades na área irrigada, sendo máxima nas plantas posicionadas a 0,5 m da fonte de inóculo. Sem irrigação a AACPD ficou entre 8,1 e 20,9 unidades. A área abaixo da curva de progresso da doença diminuiu significativamente com o aumento da distância e se ajusta a um modelo logarítmico invertido.

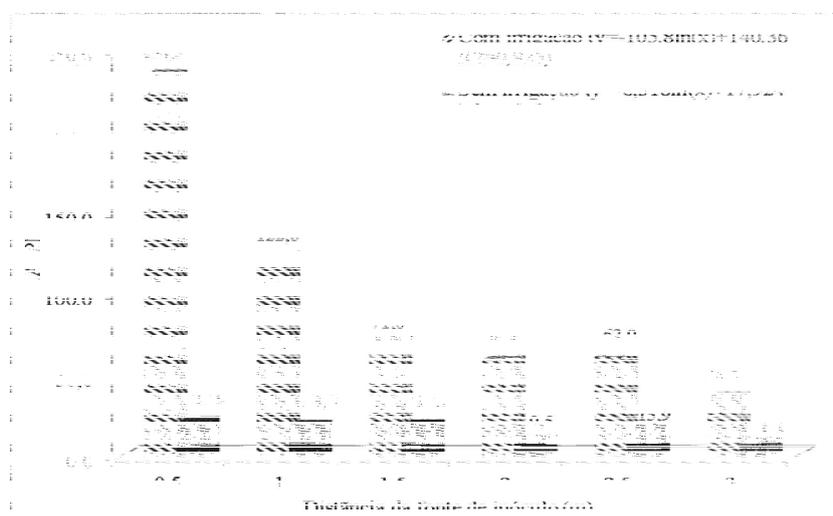


Figura 4 - Área abaixo da curva de progresso da antracnose em função da distância da fonte de inóculo, em área irrigada e não irrigada. Passo Fundo, 2012.

Com os dados do progresso temporal da epidemia calculou-se a taxa aparente de infecção, pelo modelo logístico, em cada distância. As taxas obtidas (Figura 5) variaram de 0,0815 a 0,1225 unidades/dia e não diferiram entre si, uma vez que houve sobreposição dos intervalos de confiança. Pode-se inferir, então, que a menor severidade final nas plantas mais distantes da fonte de inóculo foram determinadas pelo gradiente de disseminação do patógeno e infecção.

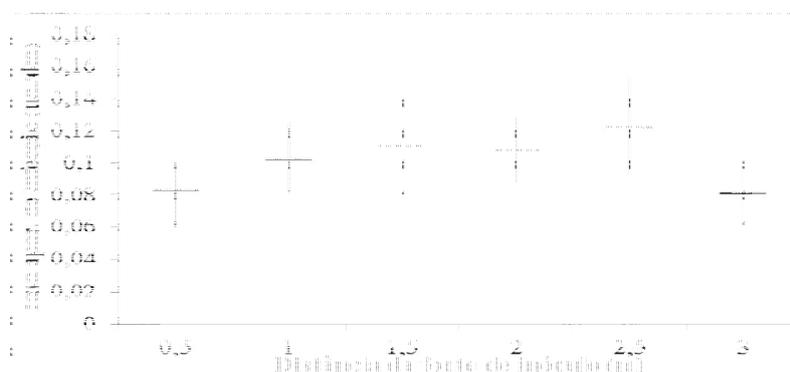


Figura 5 - Taxa aparente de infecção (unidades/dia) da antracnose do feijão, sob irrigação, em plantas situadas a diferentes distâncias da fonte de inóculo. As barras indicam o desvio padrão da média. UPF, Passo Fundo, 2012.

O gradiente de doença em função da distância foi analisado por regressão, e houve melhor ajuste pelo modelo logarítmico invertido (Figura 6). A probabilidade de erro calculada pelo modelo foi baixa para ambas as condições, com irrigação ( $p = 0,0008$  a  $0,005$ ) ou sem ( $p = 0,0017$  a  $0,026$ ). Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) variaram entre  $0,70$  e  $0,96$  na área irrigada, porém foram baixos ( $0,15$  a  $0,65$ ) na sem irrigação. Nos modelos matemáticos gerados ( $y = a \cdot \ln(x) + b$ ), o parâmetro  $a$  representa o gradiente de doença. Este aumentou ao longo do tempo, variando de  $-0,466$  (17/abril) a  $-5,84$  (22/maio), refletindo ao decréscimo em severidade da antracnose à medida que as plantas estavam mais distantes da fonte de inóculo.

As Figuras 7 e 8 mostram o padrão de distribuição da antracnose a partir da fonte de inóculo colocada no centro das parcelas.

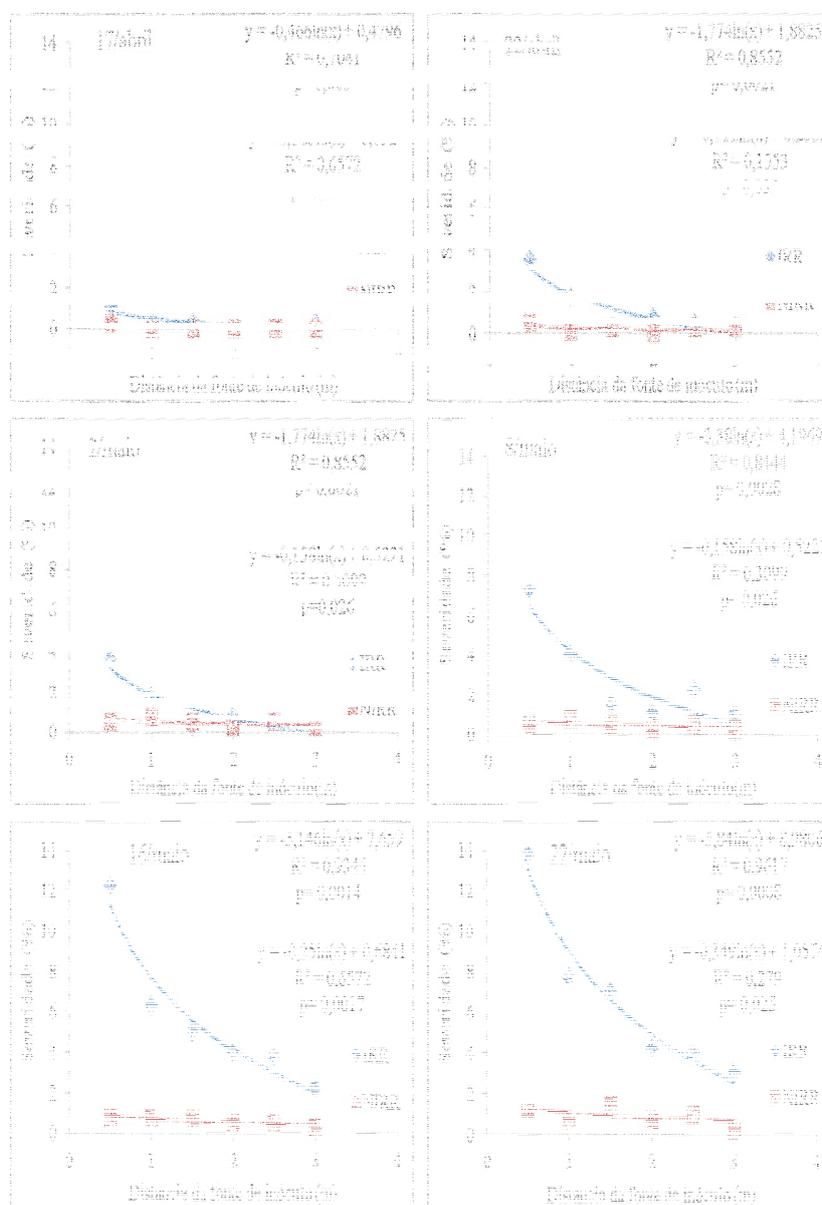


Figura 6 - Gradiente de severidade da antracnose do feijão em função da distância da fonte de inóculo, com irrigação (IRR) ou sem (NIRR). UPF, Passo Fundo, 2012.

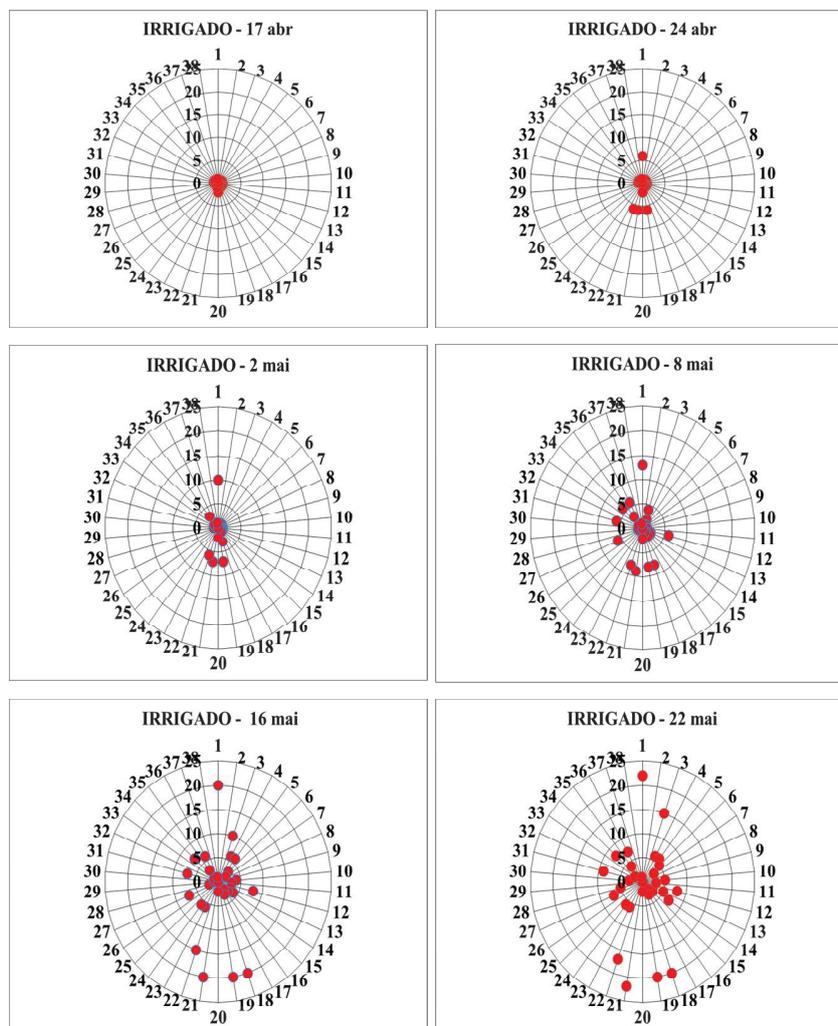


Figura 7 - Mapa de distribuição da antracnose do feijão a partir de fonte de inóculo posicionada ao centro da parcela, em área irrigada. Plantas de número 1 a 20 são posicionadas na linha de cultivo; plantas 21 a 38 são transversais às linhas. O eixo indica a severidade (%) em folhas e pecíolos. UPF, Passo Fundo, 2012.

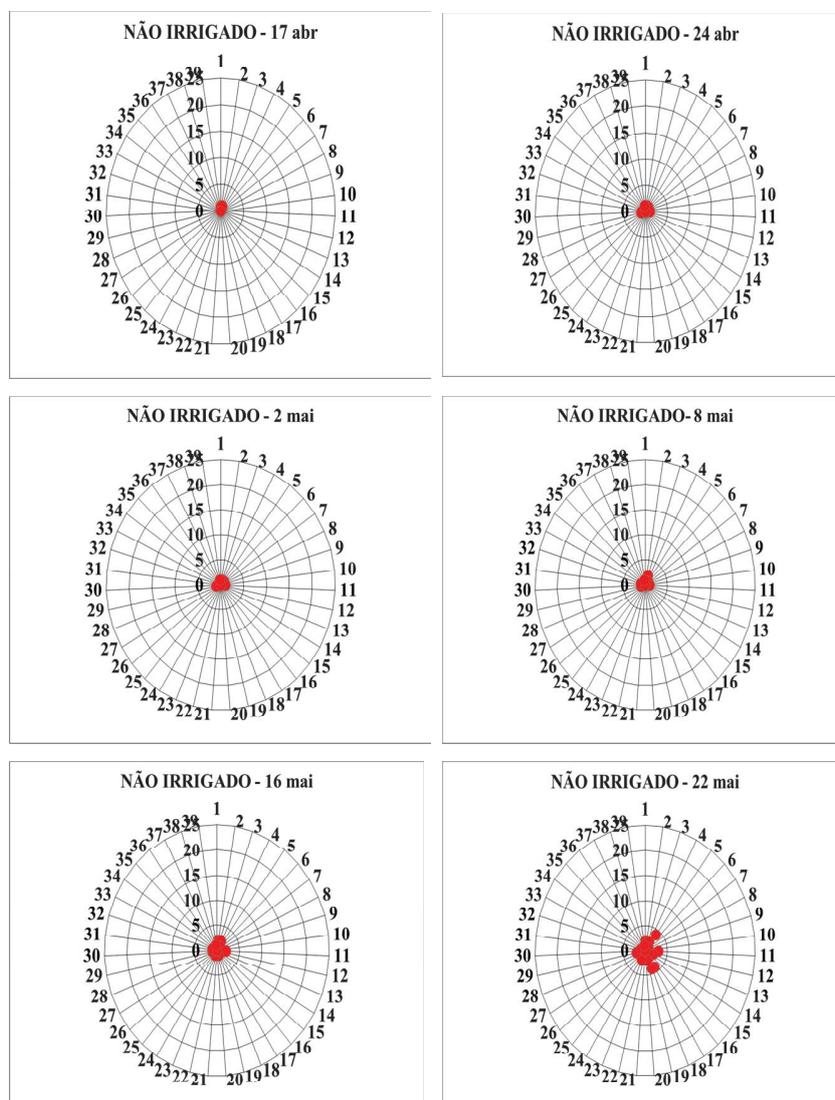


Figura 8 - Mapa de distribuição da antracnose do feijão a partir de fonte de inóculo posicionada ao centro da parcela, em área não irrigada. Plantas de número 1 a 20 são posicionadas na linha de cultivo; plantas 21 a 39 são transversais às linhas. O eixo indica a severidade (%). UPF, Passo Fundo, 2012.

As análises acima permitem conhecer o modo como a doença se desenvolve no espaço e no tempo inferindo sobre a disseminação do patógeno e, conseqüentemente, sobre a sua etiologia.

Em especial á esse estudo, a condição de ambiente a que a cultura foi submetida e a ocorrência de chuva por período longo e frequente podem ter sido a chave para a infecção. Observando-se a Figura 2, pode-se perceber que na área não irrigada a precipitação pluvial foi 25% inferior do que na área irrigada, mesmo assim, com um período de molhamento foliar suficiente para que ocorresse a disseminação do patógeno e desenvolvimento da epidemia. Para *C. lindemuthiaum*, os conídios necessitam de um período de molhamento de 6 a 9 h para germinar sob condições favoráveis, penetrar mecanicamente pela cutícula e epiderme do hospedeiro e as lesões são visíveis a partir de seis dias, após a penetração. Segundo Dalla Pria et al. (2003), períodos de molhamento foliar entre 18 e 24 h aumentam acentuadamente a severidade da antracnose.

Os dados obtidos na área sem irrigação demonstram que o microclima não foi favorável para o aumento da severidade, sendo que a mesma apresentou-se em maior porcentagem nas plantas mais próximas (0,5 m e 1,0 m) da fonte de inóculo, mantendo-se assim nas avaliações subsequentes.

Já para área com irrigação, o microclima demonstrou-se favorável para a infecção, disseminação do patógeno e severidade da doença. Sendo que a severidade alcançou 14% na distancia de 0,5 m da fonte de inóculo, mostrando-se superior às demais distâncias. Fato explicado devido a planta estar mais próxima da fonte e por isso a quantidade de inóculo recebida em relação as demais ser superior.

Pode-se perceber também, que houve uma diferença na expressão da doença com a complementação de irrigação, constatando-se maior severidade na área irrigada (Figura 4). O mesmo resultado foi obtido por Alves et al. (2006), quando estudou o progresso da ramulose no algodoeiro e por Madden et al. (1996) quando estudou o efeito da intensidade da chuva na incidência de *C. accuntatum* em frutos de morango.

Madden et al. (1996), salienta que a magnitude da antracnose em frutos de morango depende da duração da precipitação pluvial e da distância da fonte de inóculo. Observaram um declínio na taxa de infecção de frutos de morango tanto com aumento da intensidade de chuva quanto com a distância dos frutos sadios em relação aos frutos doentes.

A proximidade de uma planta a outra, caracterizada pelo arranjo de plantas e definida pela população e pelo espaçamento, facilitam a dispersão dos propágulos bem como formam um microclima com período de molhamento foliar e temperatura favoráveis ao processo de infecção. O patógeno, por sua vez, usa estratégias para a perpetuação da espécie como os meios de disseminação á curta e longa distância. Sendo assim, uma planta sadia passa a se tornar doente quando recebe de outra planta, propágulos de patógenos através de agentes de dispersão como vento, água ou vetores e nessa nova planta, conseguem estabelecer uma infecção com sucesso.

A ocorrência de chuvas fortes e rápidas pode ser mais eficaz no desenvolvimento de epidemias do que chuvas prolongadas e fracas pois elas promovem maior dispersão dos esporos por respingos

(VALE et al., 2004). Essa afirmação não é confirmada por Madden et al. (1996), que testou a influência de chuva na infecção de frutos de morango, comprovando que houve uma redução na infecção dos frutos quando submetidos à máxima intensidade de chuva. Esse fato é explicado pela lavagem/remoção dos conídios para o solo.

Em trabalho realizado por Santos et al. (1993), sobre o progresso e o gradiente da ramulose do algodoeiro, foi constatado que, em condições de alta temperatura e alta umidade relativa, a doença progrediu 1,0 metro no espaço, a cada cinco dias, a partir da fonte de inóculo inicial. Da mesma forma, Araújo et al. (2009), trabalhando com níveis de fonte de inóculo inicial (0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 e 1,2% de plantas inoculadas e sintomáticas), descreveram que as condições ambientais foram determinantes para a alta correlação (0,82) entre a incidência da ramulose e a incidência de *C. gossypii* var. *cephalosporioides* nas sementes. Os mesmos autores citam que uma distribuição uniforme de chuvas ao longo do ciclo da cultura, favorece a dispersão do inóculo no período de formação de maçãs.

Pinto et al. (2001) caracterizaram o padrão espacial da antracnose do feijão pela análise de *ordinary runs*. Verificaram padrão agregado no plantio das águas e das secas, entretanto, nas duas primeiras avaliações do plantio das secas, constataram padrão casualizado, possivelmente, por esse método não considerar a distância entre as plantas avaliadas. Além disso, segundo Campbell & Madden (1990), esse método é melhor aplicado a dados binários, sendo que o número de amostras pode influenciar em sua eficiência.

Ao longo das avaliações, pôde-se constatar que a antracnose apresentou mecanismo de dispersão com a formação de

focos de inóculo secundário além do foco primário, indicando focos com severidade da doença distantes da fonte de inóculo primário. Esse resultado também foi observado por Alves et al. (2006) em seu trabalho com distribuição espacial da antracnose a partir de sementes inoculadas artificialmente, com padrão agregado da epidemia e maior severidade ao redor da fonte de inóculo inicial do tipo ponto.

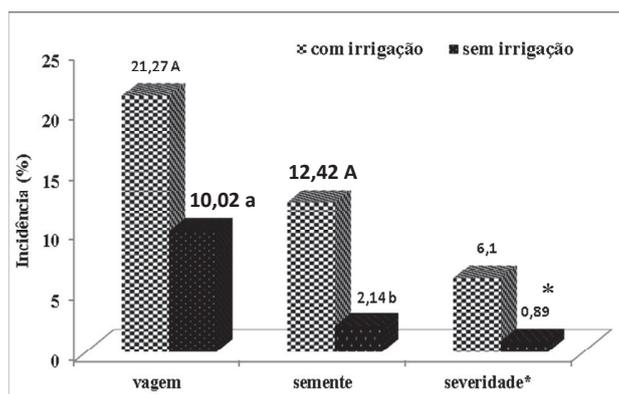
Segundo Fernandez (1981) essa é uma estratégia de disseminação do patógeno para satisfazer processos biológicos fundamentais, como a sobrevivência, gerando um maior número de plantas infectadas em focos distantes da fonte. Segundo Bergamin Filho et al. (2001), essa dinâmica populacional é comumente verificada em doenças cujos agentes etiológicos são transmitidos por vetores, como por exemplo, na tristeza, causada pelo *Citrus tristeza vírus*.

Em consequência à ocorrência da doença no campo associado ao sistema de cultivo, pode-se prever uma ocorrência do patógeno nas sementes e nas vagens do feijão, provenientes da transmissão no campo proporcionado pelos fatores ambientais e agentes de disseminação. Os dados obtidos nesse trabalho mostram que houve uma incidência de *C. lindemuthianum* em vagens e em sementes provenientes de uma fonte de inóculo em diferentes situações de molhamento, caracterizando uma eficiente disseminação do patógeno, capaz de ocorrer transmissão da planta para a semente.

Com relação à detecção da presença do patógeno em vagem e em semente, pode-se observar que com um total de 60 mm de chuva na área não irrigada e 233 mm na área irrigada (Figura 2), medida durante o período de avaliação, houve condições favoráveis

para que o patógeno disseminasse durante o ciclo nas duas condições. Observou-se que de uma planta doente, considerada fonte de inóculo, induziu ao aparecimento de 14 % e 2,14% sementes com incidência de antracnose na área irrigada e não irrigada respectivamente. Já em vagens, o índice foi ainda maior, observando-se incidência de 21,27% e 10,02% em área irrigada e não irrigada respectivamente (Figura 9).

Este resultado também pode ter sido influenciado pela severidade que as plantas acumularam na parcela durante o ciclo, sendo que na área irrigada, o máximo de severidade que as plantas atingiram foi de 6,1% e na área não irrigada, não ultrapassou 0,89% (Figura 9).



\*Severidade acumulada nas plantas avaliadas na parcela em situação irrigada e não irrigada.

Figura 9 - Incidência de *Colletotrichum lindemutianum* em semente e vagem de feijão, proveniente do campo, em condições de irrigação e sem irrigação. Passo Fundo/ RS.

Estes resultados evidenciam uma estreita relação entre a incidência e a severidade em folhas e pecíolos influenciada pelo acúmulo de precipitação pluvial no campo e a quantidade de inóculo

na superfície de vagem e semente. O mesmo resultado foi obtido por Araújo et al. (2006), trabalhando com a ramulose no algodoeiro.

Rey et al. (2009), trabalhando com raças de *C. lindemuthianum* afirmam que esse fungo apresenta taxas de transmissão semente-planta que variam de 70 a 80%.

Segundo Araújo et al. (2009), muitas vezes, a transmissão planta-semente não é correlacionada com a severidade da doença no campo. Entretanto, a incidência têm, muitas vezes, resultado em altos índices de infecção das sementes pelo patógeno. Esse fato determina o cancelamento de campos de produção de sementes em algumas regiões produtoras. Pelo presente trabalho, a ocorrência do patógeno em sementes e vagens foi proporcional á maior severidade em folhas e pecíolos no campo, ou seja, quanto maior a severidade, maior a transmissibilidade do patógeno da planta para vagem e semente.

A incidência do patógeno observada nas sementes analisadas pode representar riscos quanto à utilização dessas sementes em cultivo posterior, pela introdução do patógeno na área através da semente, com prováveis danos a produção, em áreas com clima favorável à ocorrência da doença. A detecção do patógeno em vagens também se torna uma preocupação pois após a colheita, os restos culturais (constituído por vagens) permanecem na área, servindo como fonte de inóculo para o posterior cultivo.

#### 4 CONCLUSÕES

Pode-se observar a dependência do fungo em relação ao respingo de água para disseminação. Os gradientes acentuados de infecção das plantas e das sementes colhidas a partir da fonte de inóculo sugerem a possibilidade de manejar a doença através da alteração do arranjo de plantas, com espaçamento mais amplo e/ou população menor.

### CAPÍTULO III

#### INFLUÊNCIA DO VOLUME DE CHUVAS E DE UM ADJUVANTE SILICONADO NA OCORRÊNCIA DA ANTRACNOSE DO FEIJÃO

**Resumo** – O feijão é afetado por várias doenças, entre elas a antracnose, causado pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. A doença se torna importante sob chuvas fortes e frequentes, condição que favorece à disseminação do patógeno por respingos de água, além de fornecer molhamento necessário à germinação dos esporos e à infecção da planta. Nesse experimento com simulação de chuvas, avaliou-se a influência do volume das mesmas sobre a ocorrência da antracnose. Plantas de feijão foram cultivadas em vasos até o estágio do primeiro trifólio, quando parte foi inoculada com o fungo e parte não. Após o desenvolvimento dos sintomas (aproximadamente 10 dias), quatro vasos com plantas sadias foram dispostos ao redor de um vaso com plantas doentes e submetidos à chuvas simuladas de 1, 2, 4, 8, 16 e 32 mm. As plantas foram incubadas em câmara úmida (48 h) e depois avaliadas quanto à incidência e severidade da antracnose. Com 1 mm de precipitação já foi possível observar os sintomas da doença, os quais aumentaram à medida que aumentou a quantidade de chuva. Em um segundo experimento, metade das plantas foi pulverizada com o adjuvante siliconado (Break Thru), 4 h antes de serem expostas a simulação de 2; 4; 8; 16; 32 e 64 mm de chuva. Nas plantas pulverizadas com o adjuvante os sintomas só foram detectados após 8

mm de chuva. A proporção de severidade final variou de 0,03 com adjuvante a 0,23 sem o produto. O uso prévio do adjuvante possivelmente interferiu na permanência da gota com esporos sobre a superfície inoculada, assim como reduziu o período de molhamento. Sua utilização na aplicação de fungicidas na cultura do feijão pode, então, trazer benefícios adicionais ao manejo da antracnose.

**Palavras-chave:** *Colletotrichum lindemuthianum*, Dispersão, Break Thru, água.

#### **INFLUENCE OF VOLUME OF RAINS AND ONE SILICON ADJUVANT IN THE OCCURRENCE OF ANTHRACNOSE OF BEANS**

**Resumo** – Beans are affected by many disease, among them the anthracnose, caused by fungus *Colletotrichum lindemuthianum*. The disease became important about strong and frequently rains, condition that favor the dissemination of pathogen by sprinkles of water, besides to keep better the condition to germination of spores and to infection of plant. In this experiment with simulation of rains, it was evaluated the influence of volume from the same about the occurrence of anthracnose. Beans plants were cultivated in vases until the stage of first trefoil, when part was inoculated with the fungus and part not. After the development of the symptoms (approximately 10 days), four vases with good plants were disposed around one vase of sick plants and submitted to rains simulated of 1, 2, 4, 8, 16 and 32 mm. The plants were incubated in damp camera (48 h) and after were evaluated

concern the incidence of anthracnose severity. With 1 mm of precipitation it was possible observe the disease symptoms, which increased according the growing of rain quantity. In a second experiment, half of plants was sprayed with silicon adjuvant (Break Thru), 4 h before to be exposed to simulation of 2; 4; 8; 16; 32 and 64 mm of rain. In sprayed plants with adjuvant the symptoms just were detected after 8 mm of rain. The proportion of final severity changed of 0,03 with adjuvant to 0,23 less the product. The previous use of adjuvant possibly interfered in the permanence of drop whit spores above the inoculated superficie, thus as the period of wetting was reduced. Its utilization in the applied of fungicides in the beans culture, can, so, bring more benefits to the manager of anthracnose.

**Key-words:** *Colletotrichum lindemuthianum*, Dispersion, Break Thru, water.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão quando comparado com outras culturas, já foi caracterizado como um segmento atrasado no setor agrícola em termos de tecnologia. Essa situação vem se alterando nos últimos anos, já se percebendo nova dinâmica na produção, que vem influenciando a rentabilidade da atividade, deixando de ser lavoura de subsistência para se transformar em cultura com tecnologia avançada (BARBOSA & GONZAGA, 2012).

O avanço da tecnologia aplicada á cultura do feijão veio acompanhado do surgimento de vários fitopatógenos associados ao baixo rendimento da cultura. Dentre essas doenças encontra-se a antracnose, cujo agente causal é *Colletotrichum lindemuthianum*. O aumento da epidemia se dá pela sua disseminação, que á curta distância é auxiliada por respingos de chuva que impactam sobre a lesão, dissolvem a biotina e transportam os esporos para plantas próximas da fonte de inóculo (Vieira, 1983 apud MEDEIROS, 2004).

Muitas alternativas de controle tem sido foco em pesquisas com o objetivo de romper o ciclo do patógeno, impedindo a ocorrência das fases para o desenvolvimento da epidemia. O uso de adjuvantes tem despertado interesse na agricultura, pelos vários benefícios que trazem a aplicação.

Dentre os grupos de adjuvantes estudados atualmente na agricultura, Break Thru é um produto pertencente ao grupo químico dos silicões e enquadra-se na classe espalhante adesivo não iônico/ penetrante, aumentando as características de molhamento e reduzindo

a tensão superficial da calda de pulverização, resultando em um filme contínuo e uniforme sobre a superfície pulverizada (Ministério da Agricultura, 2013).

Com esse efeito do silicone, a água espalha-se uniformemente pela superfície onde foi aplicada, formando uma fina camada, sendo portanto de mais rápida evaporação (XU et al., 2010). Do ponto de vista do controle de doenças, essa é uma característica desejável por proporcionar um curto espaço de tempo de germinação em contato com a água e por dificultar a fase de penetração do fungo, não propiciando condição de molhamento para a fase seguinte de infecção.

Assim, é importante avaliar maneiras de diminuir o efeito do molhamento foliar proporcionado pela chuva, com foco à duração do molhamento foliar. De tal modo o uso de produtos que tenham por característica auxiliar na tensão superficial da gota são investigados para observar um possível efeito no processo de infecção pelo patógeno.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF), em duas etapas. Na primeira, entre março e maio de 2011, avaliou-se a possibilidade de utilizar um simulador de chuvas para os estudos de disseminação e infecção previstos neste capítulo. Um

segundo período, de janeiro a fevereiro de 2013, foi utilizado para a condução do trabalho em si.

### **2.1 Simulador de chuvas.**

O simulador de chuva consta de um equipamento montado sob quatro hastes de ferro a uma altura de 2,5 m acima da superfície do solo (Figura 1a). No teto é preso um dispositivo de pulverização movimentado por pressão através de uma bomba de água com vazão ajustável. A ponte do dispositivo de pulverização se move sobre as plantas em movimentos oscilatórios e distribui um jato plano de água (bico leque), através de uma ponta do tipo Veejet 80100 (Figura 1a e 1b). A pressão do sistema é controlada por dois manômetros, um na saída da bomba de água e o outro acoplado no próprio aspersor. O simulador proporciona uma área de aplicação de aproximadamente três metros quadrados, porém, neste experimento, foram considerados somente 2 m<sup>2</sup>.



Figura 1 - Simulador de chuva em estrutura metálica (a); detalhe do aspersor, modelo Veejet 80100 ligado e apresentando jato tipo leque (b); Disposição de quatro vasos com plantas saudáveis ao redor de um vaso com planta doente.

## 2.2 Obtenção do isolado, conservação e esporulação.

O isolado utilizado nas inoculações foi obtido a partir de folhas e pecíolos da cultivar Uirapuru, procedentes do município de Santa Maria/RS. Lesões de antracnose foram cortadas em pequenos fragmentos e estes desinfestados com solução aquosa de hipoclorito

de sódio (1%) por três minutos, sendo então lavados três vezes com água destilada para retirar o excesso do desinfestante. Os fragmentos foram distribuídos em placas de Petry com meio de cultura de BDA e incubados sob temperatura de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas, proporcionado por lâmpadas fluorescentes (40 W). Após a purificação do material através de repicagens sucessivas, com o auxílio de uma agulha histológica flambada, estruturas do patógeno foram transferidas para tubos de ensaio contendo meio de cultura de BDA para conservação e posterior utilização.

Para estimular a esporulação, utilizou-se a técnica da vagem incubada em tubos de ensaio (PIO RIBEIRO & CHAVES, 1975). Em cada tubo, foram adicionados 20 ml de meio ágar água, sobre a qual foi fixada uma vagem previamente lavadas. Esse material foi autoclavado a  $125^{\circ}\text{C}$  por 40 min e resfriado por 3 a 4 h. Posteriormente, uma amostra da colônia do patógeno em BDA, foi adicionada ao tubo e incubada sob as mesmas condições de temperatura e fotoperíodo citadas acima.

### **2.3 Plantas fonte de inóculo e inoculação.**

Sementes da cultivar Uirapuru foram cultivadas em casa-de-vegetação, em vasos de 5 Kg, contendo solo e substrato, sendo deixadas cinco plantas por vaso. Quando as plantas apresentavam o primeiro trifólio completamente expandido, foi realizada a inoculação com uma suspensão de conídios de *C. lindemuthianum*. O inóculo foi obtido a partir de colônias crescidas em vagens esterilizadas em tubos de ensaio (descritas acima), com aproximadamente 10 dias de

incubação. A esses tubos, foram adicionados 3 ml de água destilada e espalhante Tween 1% e após agitação manual a suspensão foi filtrada em coador até obter uma suspensão homogênea. Com auxílio de um hemacitômetro (Câmara de Neubauer), a suspensão foi ajustada para uma concentração de  $1,2 \times 10^6$  esporos / ml e efetuada a inoculação com auxílio de um borrifador. Após a inoculação, as plantas foram incubadas em câmara úmida por 48 h, provendo-se assim, as condições necessárias para a infecção. Após o aparecimento dos sintomas característicos do patógeno, esses vasos serviram como fonte de inóculo para a antracnose.

#### **2.4 Montagem do experimento.**

Para validar o uso do simulador de chuvas para os experimentos, plantas da cultivar Uirapuru foram cultivadas em vasos de 5 kg em câmara de crescimento até a expansão do 1º trifólio. Parte dessas plantas foram inoculadas a fim de serem utilizadas como fonte de inóculo. Quatro vasos com plantas saudáveis foram dispostos ao redor de um vaso com plantas doentes e submetidos à chuvas simuladas de 1, 2, 4, 8, 16 e 32 mm. Posteriormente as plantas foram incubadas em câmara úmida (48 h) e depois avaliadas quanto à incidência e severidade da antracnose.

O trabalho definitivo foi realizado entre janeiro de março de 2013, retirando-se o nível mais baixo (1mm) e adicionando-se um nível a mais na simulação de chuvas (64 mm). Durante a realização do mesmo a temperatura média foi 14,9°C, e a umidade relativa do ar 75%, com ventos de 3,7 a 8,1 km/h.

Plantas da cultivar Uirapuru foram cultivadas em vasos de 5 kg em câmara de crescimento até a expansão do 1º trifólio. Metade dos vasos as plantas foram pulverizadas com adjuvante siliconado, na dose de 100 ml / ha, quatro horas antes da exposição à chuva artificial. O equipamento utilizado para a aplicação do referido adjuvante foi um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, com pontas do tipo TT110015, dispostos na barra a uma distância de 0,5 m entre eles, que produziam gotas médias, com vazão de 150 l/ha e pressão de 1,6 bar.

Posteriormente, as plantas com e sem aplicação do adjuvante foram dispostas embaixo do simulador de chuva (Figura 1a) e submetidas a diferentes tempos de chuva simulada (1'8"; 1'36"; 3'13"; 5'47"; 11'34"; 22'28"; 44'17"), afim se obter precipitações de 2, 4, 8, 16, 32 e 64 mm, respectivamente. O tempo necessário para a realização desse experimento foi de 5 horas , sendo o início às 13:00 h e o término as 18:00 h.

Em cada bandeja, quatro vasos com plantas receptoras do inóculo foram dispostos ao redor de um vaso com planta fonte de inóculo (Figura 1c). O delineamento utilizado foi um fatorial 2 x 7, com e sem adjuvante e sete volumes de chuva, com cinco repetições.

Logo após a simulação da chuva os vasos foram conduzidos a uma câmara de incubação, onde permaneceram com umidade acima de 80% e temperatura de  $\pm 22^{\circ}\text{C}$  até o dia da avaliação (Figura 2).



Figura 2 - Plantas de feijão mantidas em câmara de incubação, com temperatura de 22°C e umidade relativa do ar  $\geq 80\%$ .

## 2.6 Avaliação.

Após 10 dias de incubação, procedeu-se a avaliação da severidade e da incidência de pecíolos e folhas, por análise visual das plantas. A incidência foi determinada pela contagem de plantas com sintomas da antracnose, especialmente em pecíolos. A severidade foi avaliada atribuindo-se uma porcentagem de área doente em cada planta. Os valores foram posteriormente divididos por 100 para expressar a incidência e severidade em proporção, a fim de serem utilizados modelos matemáticos do progresso da epidemia.

## 2.7 Análise estatística.

Os dados foram submetidos à análise de variância. Posteriormente, foram realizadas análises de regressão, considerando

o volume de chuva a variável independente (x) e incidência ou severidade como dependentes (y).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento realizado em 2011, para validar o uso do simulador de chuva, os dados obtidos constam na Tabela 1. Com 1 mm de chuva simulada já foi possível a obtenção de plantas infectadas a partir da fonte de inóculo (planta com sintomas da antracnose). A quantidade de doença aumentou com o tempo de exposição até 32 mm. Houve diferença entre os dois experimentos, o que se pode explicar pelas variações em quantidade de inóculo nas plantas fontes.

Tabela 1 - Proporção de incidência da antracnose em folhas e pecíolos de plantas de feijão, em dois experimento com chuva simulada. UPF, Passo Fundo, 2011.

Chuva simulada (mm)	Proporção de incidência	
	Experimento 1	Experimento 2
1	5,29	0,23
2	4,08	0,33
4	6,04	0,29
8	5,25	1,71
16	9,97	2,25
32	9,31	6,12

No experimento com o uso do produto siliconado demonstrado na Tabela 2, na condição sem adjuvante, os primeiros sintomas já foram visíveis nas plantas submetidas a 1 mm de chuva; na presença do adjuvante isso somente aconteceu após 8 mm de chuva. A incidência variou de 0,15 a 1 nas plantas não expostas ao Break Thru e de 0,2 a 0,35 nas previamente tratadas, ou seja, a intensidade final foi cerca de 2/3 menor nesta condição. A severidade final variou de 0,03 com adjuvante a 0,23 sem o produto.

Tabela 2 - Proporção de incidência e severidade da antracnose (*C. lindemuthianum*) em folhas e pecíolos de plantas de feijão submetidas a diferentes regimes de chuva simulada, com e sem aplicação do adjuvante siliconado Break Thu. UPF, Passo Fundo 2013.

Chuva (mm)	Incidência		Severidade	
	Com adjuvante	Sem adjuvante	Com adjuvante	Sem adjuvante
1	0,00	0,15	0,000	0,001
2	0,00	0,25	0,000	0,003
4	0,00	0,25	0,000	0,003
8	0,20	0,60	0,006	0,033
16	0,35	0,85	0,024	0,165
32	0,35	1,00	0,034	0,227
64	0,35	1,00	0,032	0,232

A proporção de incidência em função do volume de chuva simulada e da presença ou não de um adjuvante siliconado foi representada por modelos matemáticos logarítmicos. Os mesmos

foram significativos ( $p \leq 0,01$ ) e apresentaram coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,8547 a 0,932. Pelos dados originais e pelo modelo gerado, a precipitação exerce um efeito maior sobre a incidência da antracnose nos primeiros 20 mm de exposição. Depois o ritmo de infecção das plantas tende a estabilizar. Isso demonstra que não são necessárias chuvas de alta intensidade para permitir a disseminação do fungo e a infecção da planta.

No comparativo com ou sem o uso do adjuvante, a incidência foi menor nas plantas que foram pulverizadas com o produto. Os parâmetros das equações que multiplicam a variável chuva ficaram em 0,1082 unidades nas plantas com adjuvante e 0,2396 unidades naquelas sem o produto (Figura 3).

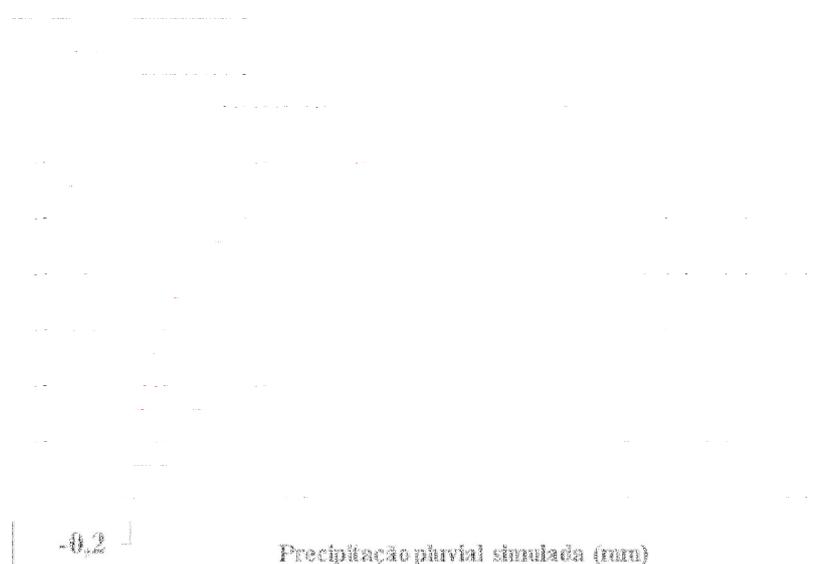


Figura 3 – Incidência de antracnose em plantas de feijão, com e sem aplicação do produto siliconado Break Thru, submetidas à precipitação pluvial simulada. UPF, Passo Fundo, 2013.

A diferença em severidade entre as plantas com e sem adjuvante também foi significativa. A relação entre as variáveis chuva e severidade foram representadas pelo modelo matemático logístico, cujos coeficientes de determinação variaram de 0,969 a 0,997. A taxa de progresso da antracnose, parâmetro que no modelo multiplica a precipitação pluvial (x), situou-se entre 0,34 e 0,36 unidades dia, não diferindo entre si.

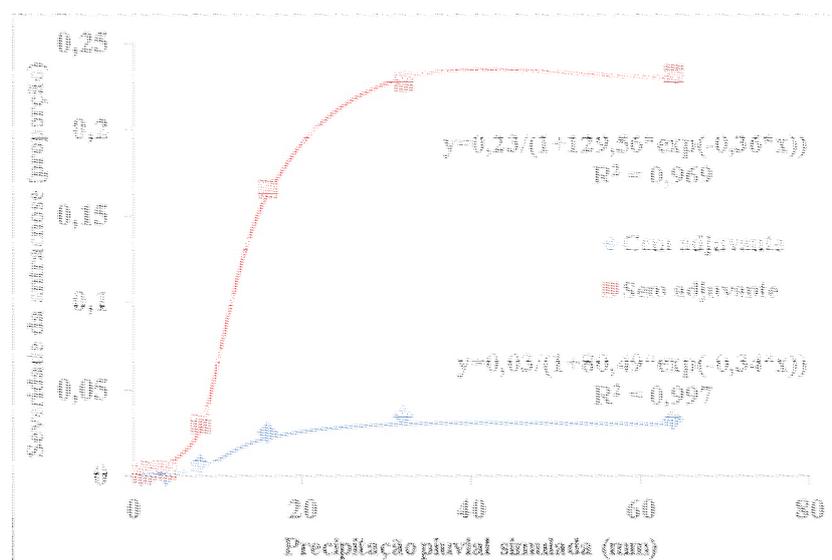


Figura 4 - Severidade da antracnose em plantas de feijão em função da precipitação pluvial simulada e do uso do adjuvante siliconado Break Thru. UPF, Passo Fundo, 2013.

A doença progrediu em ritmo semelhante após o patógeno ter atingido a planta e permanecido sobre a mesma. Desse modo, a diferença em severidade final pode ser explicada pela interferência do adjuvante na disseminação do patógeno, a qual pode ocorrer de duas

formas: a) maior escoamento ao solo da gota quanto esta atinge o acérvulo onde são formados os esporos, e b) menor permanência da gota sobre a superfície da planta receptora quando da deposição da gota contendo os esporos.

Segundo Reis et al. (2011), gotículas de água da chuva como respingos e gotículas atomizadas associadas com o vento, transportam esporos de vários fungos, entre eles *Septoria*, *Stagonospora*, *Phomopsis*, *Phoma*, *Colletotrichum* e *Fusarium*. Segundo Carvalho et al. (2009), esse processo sofre influência do volume total, da duração e da intensidade de chuva.

Segundo Xu et al. (2010), a eficiência de produtos fitossanitários é relacionado com a área em que o produto atinge (área molhada) e seu tempo de evaporação sobre a superfície da folha. Se a gotícula evapora muito rapidamente o produto químico pode formar cristais, não sendo absorvido pela planta. Por outro lado, se a gotícula persistir na folha, pode acelerar a germinação de determinados agentes fitopatogênicos (Bradley et al., 2003). Em trabalho realizado por Gimenez et al. (2011) foi mostrado que o uso de adjuvante à base de óleo em concentração de 100% proporcionou um aumento de área molhada em comparação à aplicação somente de água, mas constatou que o tempo de evaporação dessa área molhada foi menor quando se adicionou adjuvante, situando-se na faixa de 61 a 130,4 segundos com adjuvante e de 160,6 a 213,6 segundos somente com água.

Neste trabalho com feijão, é possível que a presença do adjuvante tenha proporcionado maior escoamento da gota e também acelerado sua evaporação, diminuindo as chances do patógeno infectar a planta receptora. Segundo Basu et al. (2002), a adição de

surfactantes à calda de pulverização melhora a cobertura de pulverização sobre as folhas por que remove filmes de ar e reduz a tensão superficial em folhas.

O adjuvante Break Thru é utilizado na agricultura para facilitar a distribuição de defensivos agrícola sobre a superfície das plantas. A sua capacidade de espalhar a gota faz com que a mesma se transforme em um fino filme de água, que evapora mais rapidamente. Do ponto de vista de infecção da planta por fungos fitopatogênicos isso pode ser benéfico, uma vez que reduz o período de molhamento, necessário à germinação dos esporos e à infecção. Portanto, é uma tecnologia com potencial de auxiliar no manejo de doenças como a antracnose em diversos cultivos. Estudos adicionais são necessários para averiguar a extensão deste benefício em diferentes momentos após a aplicação do adjuvante sobre a planta, assim como doses do produto, frequência de uso e desempenho em hospedeiros com outras características de superfície foliar.

#### **4 CONCLUSÕES**

A infecção de plantas de feijão é influenciada positivamente pela ocorrência de chuvas, mesmo em volumes baixos como 1 mm. A relação entre volume de chuva e proporção de severidade segue um comportamento não linear, representado pelo modelo matemático logístico. A pulverização prévia das plantas com o adjuvante siliconado Break Thru reduz a ocorrência da antracnose, possivelmente por interferir na permanência da gota com esporos sobre a superfície inoculada, assim como por reduzir a sua vida útil.

Sua utilização na aplicação de fungicidas na cultura do feijão pode, então, trazer benefícios adicionais.

## CAPÍTULO IV

### **SENSIBILIDADE DE UM ISOLADO DE *Colletotrichum lindemuthianum* A FUNGICIDAS.**

**Resumo** – A antracnose do feijão, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum*, pode ocasionar perdas de até 90% em cultivares suscetíveis. O controle desta doença também depende da aplicação de fungicidas, onde o ingrediente ativo mais utilizado é o trifenil hidróxido de estanho, cujo uso deverá ser descontinuado devido a sua toxicidade. A avaliação do potencial de outros grupos químicos quanto a sua fungitoxicidade ao fungo é importante para o desenvolvimento de programas de manejo para a antracnose. Neste trabalho, foram analisados os ingredientes ativos (I.A.) piraclostrobina, piraclostrobina + fluxapiroxade, piraclostrobina + epoxiconazol + fluxapiroxade, azoxistrobina, azoxistrobina + difenoconazol, difenoconazol e clorotalonil e comparados ao padrão trifenil hidróxido de estanho sobre um isolado de *C. lindemuthianum*. Utilizou-se o método de inibição do crescimento micelial em meio de cultura BDA suplementado com 0(testemunha); 0,01; 0,1; 1; 5 e 10 mg/L de I.A.. A fungitoxicidade foi avaliada com base na  $CI_{50}$  (concentração necessária para inibir o crescimento do fungo em 50%), cujos valores foram menores para os fungicidas à base de estrobilurina e estrobilurina + carboxamida, que mostram, assim, potencial para substituição do trifenil hidróxido de estanho.

Palavras-chave: estrobilurinas, carboxamidas, triazóis, clorotalonil, trifenil hidróxido de estanho.

**SENSIBILITY OF ON ISOLATED OF *Colletotrichum lindemuthianum* A FUNGICIDES.**

**Abstract** – The anthracnose of beans, caused by fungus *Colletotrichum lindemuthianum*, can occasion lacks of until 90% in susceptible cultivars. The control of disease also depends of fungicides applied, and the most active ingredient is fenitrothion, which the use will be discontinued because of its toxicity. The evaluation of potential of other chemical groups about its fungitoxicity to fungus is important to the development of management programs to anthracnose. In this work, were analysed the active ingredients (I.A.) pyraclostrobin, pyraclostrobin + fluxapyroxad, pyraclostrobin + epoxiconazole + fluxapyroxad, azoxystrobin, azoxystrobin + difenoconazole, difenoconazole and clorotalonil and compared to the active ingredient fenitrothion about one isolate of *C. lindemuthianum*. It was used a method of inhibition of mycelial growing in center of culture BDA supplemented with 0(witness); 0,01; 0,1; 1; 5 and 10 mg/L of I.A.. The fungitoxicity was evaluated based on  $CI_{50}$  (necessary concentration to inhibit the growing of fungus in 50%), which values were smaller to fungicides based on strobilurins and strobilurins + carboxamide, that show, thus, potential to substitution of fenitrothion.

**Key-words:** strobilurins, carboxamides, triazoles, clorotalonil, fenitrothion hydroxide.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura que está sujeita ao ataque de inúmeros agentes causadores de doenças como fungos, bactérias e vírus, sendo que parte desses agentes são transmitidos por sementes. O agente causal da antracnose é denominado *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scribner, e este tem a capacidade de se alojar no tegumento da semente, nas células dos cotilédones na forma de micélio dormente, aproveitando essa via para sobreviver e disseminar (COSTA, 2002). Dessa forma, a partir das sementes, o patógeno consegue iniciar uma infecção com posterior desenvolvimento da epidemia na parte aérea. Sabendo-se disso, o que se busca não são somente características genéticas, fisiológicas e físicas das sementes, mas uma qualidade da semente de feijão envolvendo, também seu estado fitossanitário. Os agentes fitopatogênicos podem afetar a germinação e o vigor. Porém, o mais importante é constituir-se em fonte de inóculo que poderá afetar o desenvolvimento e a produção da futura cultura.

Conhecendo as características do patógeno, fica claro que o seu controle deve iniciar com cuidados relativos à semente. Com isso, o tratamento de sementes com produtos químicos deve garantir a sanidade no início do ciclo da cultura. Porém, essa medida de tratamento químico só será realmente efetiva, se inativar os esporos e/ou micélio alojados no cotilédone. Para complementar o controle feito com tratamento de sementes, é necessário um programa de pulverizações foliares preventivas, com ingredientes ativos específicos

e misturas, de ação protetora e sistêmica, para buscar romper o ciclo da doença.

Segundo Sartorato & Rios (2003), a época de aplicação e a alternância de princípio ativo, bem como a característica de absorção e movimentação do fungicida, são muito importantes para sua eficácia. Segundo Maude (1977) apud Costa (2002), esse tipo de controle só se alcança se forem utilizado fungicidas sistêmicos absorvidos no processo de germinação pela semente no solo. Gomes et al. (2011), testando a translocação de fungicidas na planta, observaram que houve uma menor severidade da antracnose nos tratamentos preventivos, em comparação aos curativos, com os ingredientes ativos piraclostrobin e piraclostrobin + metiran.

Em trabalhos realizados por Balardin & Rodrigues (1995), com o objetivo de verificar o efeito de diferentes fungicidas no crescimento micelial *in vitro* de raças fisiológicas de *C. lindemuthianum*, o maior efeito inibidor foi causado por benomil, que é de ação sistêmica. Porém, Rava et al. (1998) avaliando o efeito dos fungicidas *in vitro*, observaram que o fluazinan, um fungicida protetor, foi o que apresentou a maior inibição do crescimento micelial diferindo dos demais tratamentos.

Segundo Oliveira (2003), fungicidas do grupo das estrubilurinas associados ou não aos fungicidas do grupo dos triazóis e produtos à base de estanho promovem controle eficiente tanto da antracnose quanto da mancha angular, aplicadas em folhas e vagens. Tu & Jarvis (1979 a) também testaram fungicidas pertencentes ao grupo dos benzimidazóis sendo o tiofanto metílico e benomil os mais efetivos e, com o aumento da sua concentração, ocorreu uma redução

na germinação e na sobrevivência de esporos de *C.lindemuthianum*, raça delta. Porém, em trabalho realizado por Maringoni & Barros (2002), em algumas lavouras de feijão situadas na Vale do Paranapanema (SP), foi constatada a ineficácia do controle químico da antracnose com fungicidas benzimidazóis.

Segundo Agrofitec (2013), são vários os produtos indicados e registrados no Ministério da Agricultura para um programa de controle da antracnose em feijão, porém, cada um com características próprias de ação. Sendo assim, é indicado para tratamento de sementes, carbendazim + thiram (derosal plus, 300mL/100kg sementes), com ação sistêmica e de contato. Posteriormente, para proteção da parte aérea, piraclostrobina (comet, 0,3 l/há) com ação protetora, iniciando as aplicações a partir do quarto trifólio ou no aparecimento dos primeiros sintomas da doença, podendo-se repetir com um máximo de 3 aplicações, respeitando-se o intervalo de carência que é de 10 a 14 dias. Adicionalmente, piraclostrobina + metconazol (opera ultra, 0,5 l/há) é uma mistura que apresenta ação sistêmica, apresentando excelente ação de proteção, curativa e erradicante. Para feijão, deve-se iniciar as aplicações preventivamente ou no aparecimento dos primeiros sintomas, repetindo caso necessário em intervalos de 15 a 18 dias.

A escolha do produto a ser aplicado é de extrema importância, pois nem todas as substâncias químicas são tóxicas aos fungos. A medida de toxicidade de uma substância é quantificada pela concentração efetiva (CE) ou concentração inibitória (CI) e está relacionada à genética e a fisiologia do fungo. Essa CI é específica para cada patógeno e pode ser alterada com o passar do tempo. Em

termos de concentração, existe um padrão no valor de 50%, em que, o valor 50 refere-se á concentração que inibe 50% do crescimento micelial ou de germinação de esporos. Um produto é considerado fungicida quando atinge uma inibição de 50% do crescimento micelial, com a menor dose. Sendo assim, a fungitoxicidade é uma característica da molécula e a sensibilidade se refere á reação do fungo á determinado produto (REIS et al., 2010).

Muitas moléculas já foram estudadas, porém, devido á plasticidade do patógeno com relação á variabilidade genética, as moléculas passam a ser ineficientes com o passar do tempo. Sendo assim, é necessário, além do monitoramento no campo do surgimento de novos patótipos, realizar diariamente estudos sobre novas moléculas e comportamento de grupos comerciais para o controle da antracnose.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no laboratório de Fitopatologia da Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, no período de novembro de 2012 a janeiro de 2013. Para avaliar a sensibilidade miceliana de *Colletotrichum lindemuthianum* a fungicidas, foi usado o método indicado por Russel (2004), que propõe incorporar fungicidas ao meio de cultura fundente.

## 2.1 Isolamento monospórico de *Colletotrichum lindemuthianum*.

O isolado utilizado para o teste foi obtido a partir de folhas e pecíolos da cultivar Uirapuru, procedentes do município de Santa Maria/RS, fornecido pelo Instituto Phytus (Santa Maria/RS), no período de maio 2012. Lesões da antracnose foram cortadas em pequenos fragmentos e estes desinfestados com solução aquosa de hipoclorito de sódio (1%) por três minutos, sendo então enxaguadas três vezes com água destilada para retirar o excesso do desinfestante. Os fragmentos foram distribuídos em placas de Petry com meio de cultura de batata dextrose ágar (BDA) e incubados sob temperatura de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas, proporcionado por lâmpadas fluorescentes (40 W). Após a purificação do material através de repicagens sucessivas, com o auxílio de uma agulha histológica flambada, estruturas do patógeno foram transferidas para tubos de ensaio contendo meio de cultura de BDA para conservação e posterior utilização.

A partir da cultura de *C. lindemuthianum* desenvolvida com metodologia da vagem em tubo esterilizada, foi retirado material contendo fragmentos do fungo, com auxílio de uma agulha, e imersa em 250  $\mu\text{L}$  de água destilada e esterilizada, formando uma suspensão de esporos, a qual foi diluída duas vezes. Da última diluição, com baixo número de esporos, utilizaram-se 50  $\mu\text{L}$  que foram transferidos e espalhados sobre meio de cultura Ágar-água em placas de Petry. Após  $\pm 24$  h., com auxílio de um microscópio estereoscópico, visualizou-se os esporos germinados e com, uma agulha previamente esterilizada,

blocos de ágar contendo um único esporo germinado foi transferido individualmente para tubos de ensaio com meio de cultura BDA. Estes foram incubados a 22°C, com fotoperíodo 12 h. de luz, até a colônia atingir a parede do tubo. O isolado monospórico, selecionado para o estudo, foi preservado em tubo de ensaio com meio BDA, em refrigerador à temperatura de 5 °C. Quando necessário, o mesmo foi transferido para placas de Petry com meio BDA, para a retirada dos discos.

## **2.2 Escolha dos fungicidas.**

Utilizaram-se oito fungicidas pertencentes aos grupos químicos: estrobilurina, isoftalonitrila, organoestânico, triazol e carboxamida (Tabela 1).

Tabela 1 - Características dos fungicidas utilizados para determinar a sensibilidade, *in vitro*, de *Colletotrichum lindemthianum*.

Ingrediente Ativo	Nome comercial	Conc. (g/L)	Grupo químico	Modo de ação
Azoxistrobina + Difeconazol	Amistar Top	325	Estrobilurina + triazol	Sistêmico
Clorotalonil	Bravonil	825	Isoftalonitrila	Contato
trifenil hidróxido de estanho	Mertin	400	Organoestânico	Contato
Difeconazol	Score	250	Triazol	Sistêmico
Azoxistrobina	Priori	250	Estrobilurina	Sistêmico
Piraclostrobina	Comet	250	Estrobilurina	Sistêmico
Fluxapiroxade + Piraclostrobina + Epoxiconazol	BAS 702	181	Carboxamida + Estrobilurina + Triazol	Sistêmico
Fluxapiroxade + Piraclostrobina	BAS 703	500	Carboxamida + Estrobilurina	Sistêmico

### 2.3 Determinação da sensibilidade miceliana *in vitro* de *Colletotrichum lindemuthianum* a fungicidas.

As concentrações testadas foram 0 (testemunha), 0,01; 0,1; 1; 5 e 10 mg/L de ingrediente ativo (i.a.) de cada fungicida. Estas concentrações foram obtidas por diluições sucessivas do ingrediente ativo em água destilada e esterilizada, em balões volumétricos com capacidade para 100 mL. De cada solução estoque de fungicida, alíquotas foram transferidas para erlenmeyers com meio de cultura de Potato-Dextrose-Ágar (PDA), marca Oxoid, preparado para um

volume final (meio + fungicida) de 500 mL. Foram utilizadas placas de Petry novas, com diâmetro de 90 mm e profundidade de 15 mm. No centro de cada placa foi depositado um disco de cultura com 8,1 mm de diâmetro, produzido em meio BDA. Todas as etapas do trabalho foram realizadas em câmara de fluxo laminar, devidamente esterilizada, em condições assépticas. As placas foram lacradas com papel filme e incubadas em câmara de crescimento na temperatura de  $25 \pm 2$  °C, fotoperíodo de 12 h., proporcionado por lâmpadas fluorescentes, potência de 40 W, montadas 50 cm acima das placas. O delineamento das placas foi em blocos casualizados, com quatro repetições, cada qual uma placa de Petry.

#### **2.4 Avaliação.**

A avaliação foi efetuada quando o crescimento do fungo, no tratamento testemunha, atingiu à borda da placa. Realizou-se a medição, com um paquímetro digital (marca Mitutoyo), do crescimento radial das colônias, em dois diâmetros perpendiculares. Do crescimento miceliano em cada avaliação descontou-se o diâmetro do disco utilizado para inoculação. Os experimentos foram realizados duas vezes utilizando-se na análise estatística a média dos dois ensaios. Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando significativo ( $p < 0,05$ ), à regressão logarítmica. A partir do modelo matemático gerado foi calculada a concentração de ingrediente ativo necessária para inibir em 50% o crescimento miceliano ( $CI_{50}$ ) do fungo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento micelial do fungo em meio PDA suplementado com os fungicidas é apresentado na Figura 1, bem como seus valores mostrados na Tabela 2. Na ausência dos fungicidas, concentração de 0 mg/L, o diâmetro da colônia variou de 61,62 a 70,53 mm, com uma média de 67,62 mm. Apenas o fungicida clorotalonil não inibiu em 100% o crescimento micelial nas concentrações testadas. Em contrapartida, piraclostrobina foi o único ingrediente ativo que atingiu a  $CI_{50}$  (concentração necessária para inibir o crescimento micelial em 50%) em concentração inferior a 0,01 mg/L, o que demonstra elevada fungitoxicidade *in vitro* a *C. lindemuthianum*.

Os resultados constantes na Tabela 2 foram utilizados para análise de regressão entre concentração de ingrediente ativo (variável x) e crescimento micelial (variável y). O modelo matemático logarítmico foi o que melhor representou esta relação. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) variaram de 0,740 a 0,985, e a probabilidade de erro foi inferior a 1% ( $p < 0,01$ ). Os modelos obtidos são mostrados nas Figuras 2 a 5. A partir dos mesmos, calculou-se a  $CI_{50}$  para cada fungicida (Tabela 3). Na Figura 2 são apresentadas as regressões para os fungicidas difenoconazol (Score) e clorotalonil (Bravonil), que se mostraram os menos fungitóxicos para *C. lindemuthianum*. Clorotalonil não atingiu a  $CI_{50}$  nas concentrações testadas, enquanto difenoconazol precisou de 0,22 mg/L.

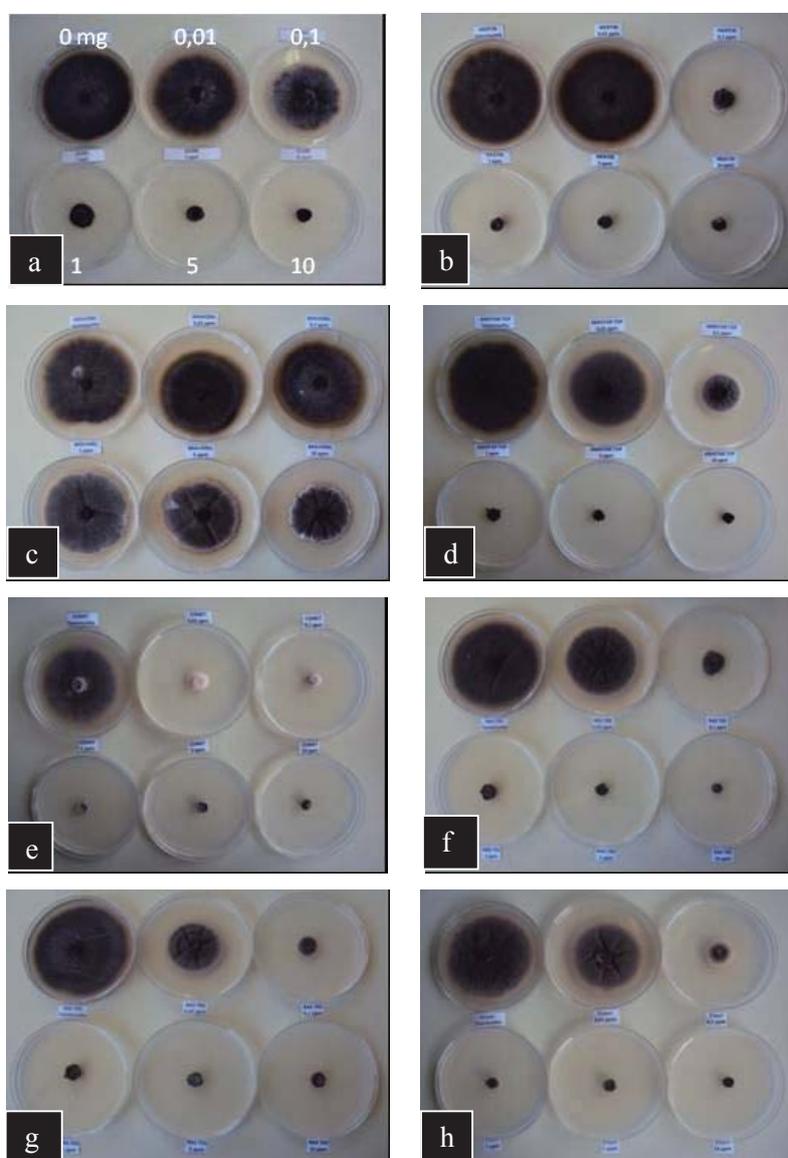


Figura 1 - Crescimento miceliano de *Colletotrichum lindemuthianum* em placa de petry com meio de cultura BDA suplementado com diferentes concentrações dos fungicidas difeconazol (a); trifetil hidróxido de estanho

(b); clorotalonil (c); azoxistrobina + difeconazol (d); piraclostrobina (e); carboxamida + piraclostrobina + epoxiconazol (f); carboxamida + piraclostrobina (g); azoxistrobina (h).

Tabela 2 - Diâmetro da colônia (mm) de *Colletotrichum lindemuthianum* em meio BDA suplementado com fungicidas, em diferentes concentrações. UPF, Passo Fundo, 2013.

Conc. (mg/L)	Dif	Hfe	Clo	Dif+ Azo	Pir	Pir+ Epo+ Flu	Pir+ Flu	Azo
0,00	A 70,5	A 69,1	A 64,4	A 69,7	A 61,6	A 69,2	A 67,6	A 68,6
0,01	A 65,3	A 65,2	A 61,6	A 59,6	D 7,2	B 49,3	C 35,0	B 49,6
0,10	B 38,2	E 8,6	A 57,0	C 21,5	F 0,9	E 7,2	E 8,4	D 14,5
1,00	B 16,9	C 0,0	A 54,0	C 1,2	C 0,0	C 2,7	C 2,4	C 4,0
5,00	B 5,8	C 0,0	A 48,7	C 0,7	C 0,0	C 0,0	C 0,0	C 0,0
10,00	B 0,0	B 0,0	A 41,8	B 0,0	B 0,0	B 0,0	B 0,0	B 0,0

Dif = difenoconazol, Hfe = trifetil hidróxido de estanho, Clo = clorotalonil, Azo = azoxistrobina, Pir = piraclostrobina, Epo = epoxiconazol, Flu = fluraproxade. Médias com a mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Na Figura 3 são comparados os fungicidas que contém somente estrobilurina, ou seja, piraclostrobina (Comet) e azoxistrobina (Priori). Ambos fungicidas foram altamente tóxicos para o fungo. Acima de 1 mg/L não houve crescimento micelial. Para o fungicida azoxistrobina, a  $CI_{50}$  estimada pelo modelo matemático ficou em 0,0328 mg/L. Para a piraclostrobina, não foi possível estimar a  $CI_{50}$ , pois esta ficou aquém das concentrações testadas. Contudo, pode-se inferir que a mesma seja inferior a 0,01 mg/L.

Na Figura 4 são comparados os dois padrões utilizados, os fungicidas comerciais Mertin (trifenil hidróxido de estanho) e Amistar Top (azoxistrobina + difenoconazol), sendo que para o primeiro, observou-se uma inibição de 100% do crescimento micelial do fungo com menos de 1 mg/L e para o segundo, ficou entre 2 e 3 mg/L. A  $CI_{50}$  foi muito similar para ambos os produtos, 0,0524 para trifenil hidróxido de estanho e 0,0685 para azoxistrobina. Porém, pelos modelos gerados, o parâmetro "a" da equação ( $y = a \cdot \ln(x) + b$ ) é maior no trifenil hidróxido de estanho (14,17) que no azoxistrobina (9,638). Isso significa que uma diminuição na concentração do fungicida reduz mais rapidamente sua capacidade de inibir o crescimento do fungo, ou seja, sua capacidade de ser tóxico.

Por fim, na Figura 5 são comparados dois novos fungicidas contendo também um ingrediente ativo (fluxapiróxade) do grupo químico carboxamida, como em BAS 702 (piraclostrobina + epoxiconazol + fluxapiróxade) e BAS 703 (piraclostrobina + fluxapiróxade). Este último teve sua  $CI_{50}$  estimada abaixo de 0,01 mg/L, a qual foi 0,025 para Bas 702.

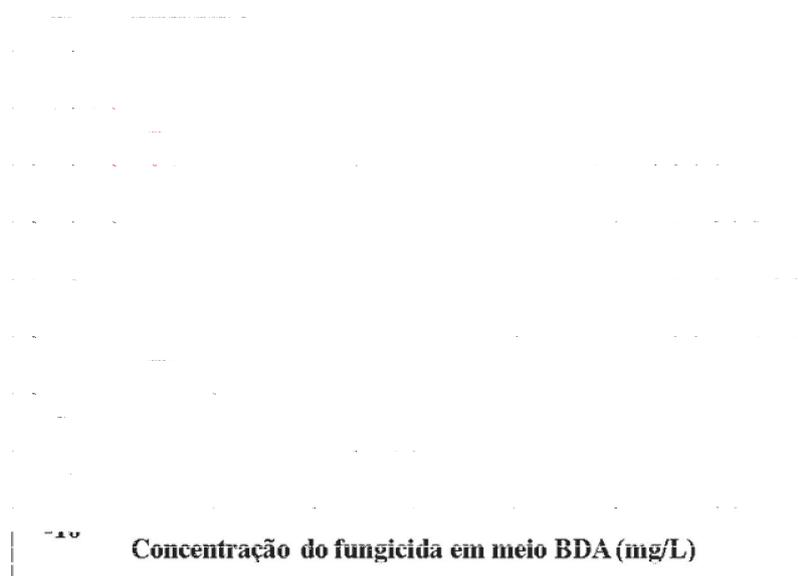


Figura 2 - Crescimento micelial de *Colletotrichum lindemuthianum*, em meio BDA, em cinco concentrações dos fungicidas difenoconazol (Score) e clorotalonil (Bravonil). UPF, Passo Fundo, 2013.

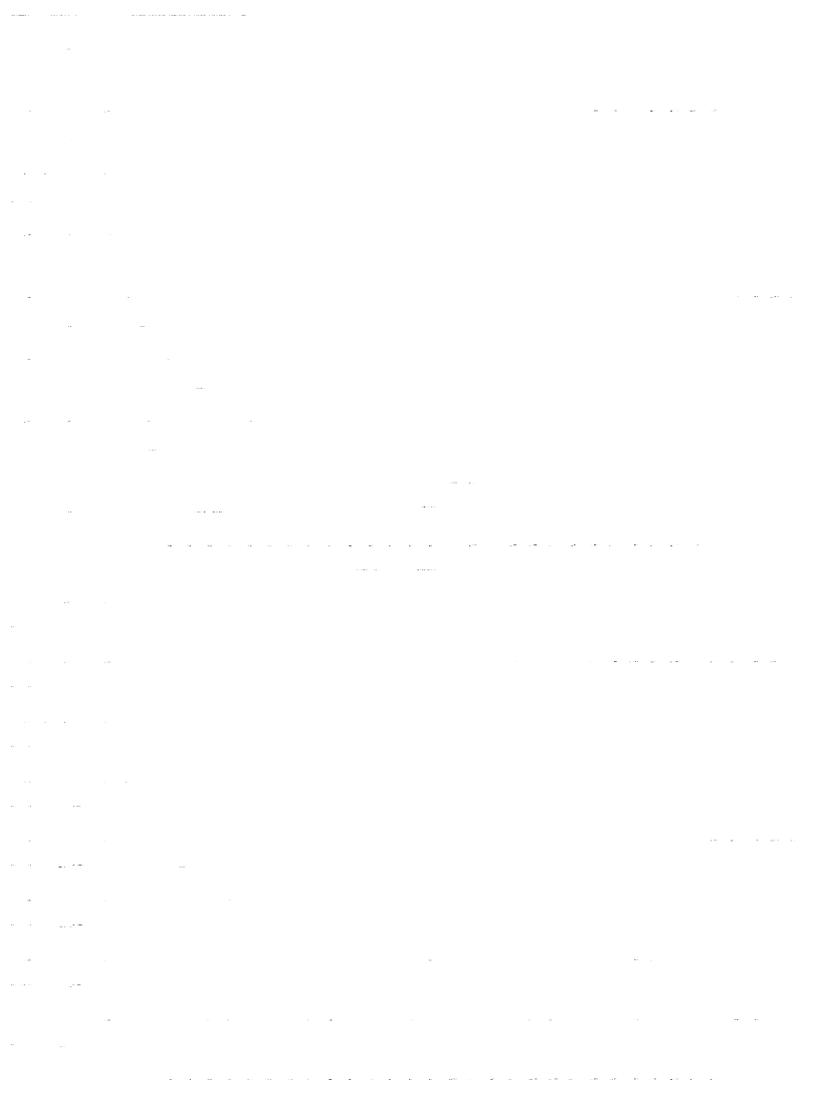


Figura 3 - Crescimento micelial de *Colletotrichum lindemuthianum* em meio BDA suplementado com os fungicidas piraclostrobina (Comet) e azoxistrobina (Priori). UPF, Passo Fundo, 2013.

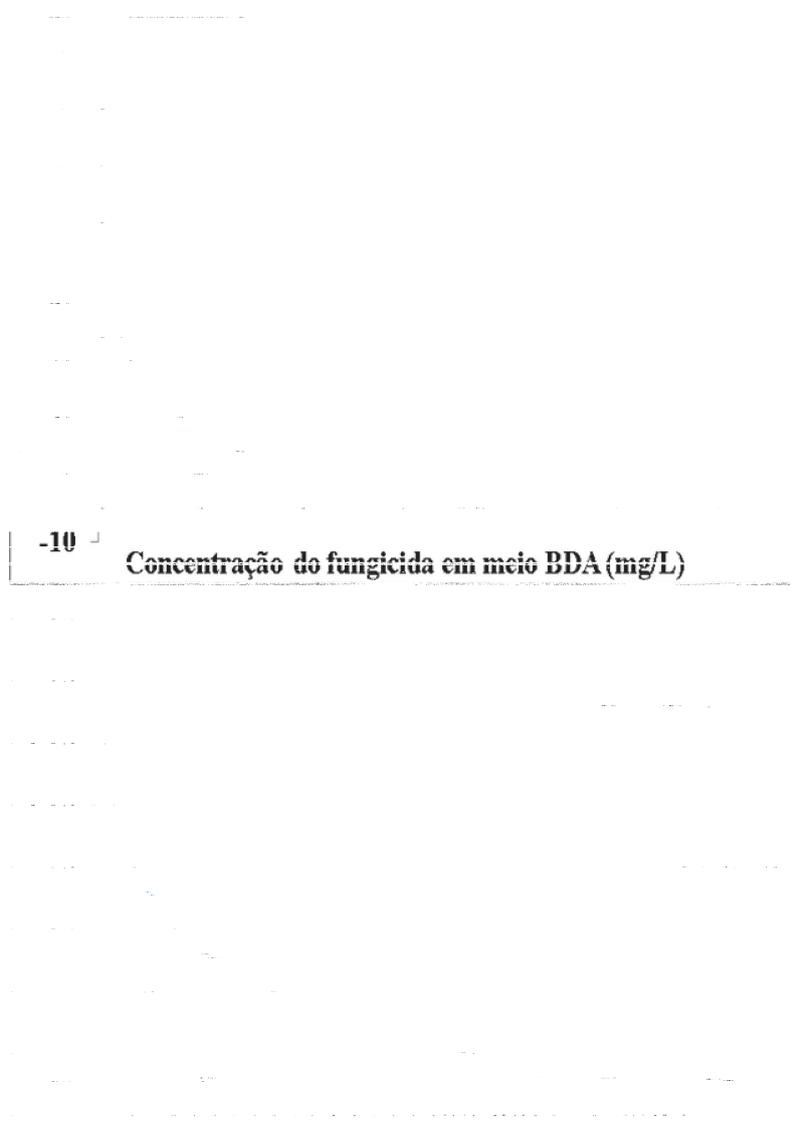


Figura 4 - Crescimento micelial de *Colletotrichum lindemuthianum* em meio BDA suplementado com os fungicidas azoxistrobina + difenoconazol (Amistar Top) e trifetil hidróxido de estanho (Mertin). UPF, Passo Fundo, 2013.

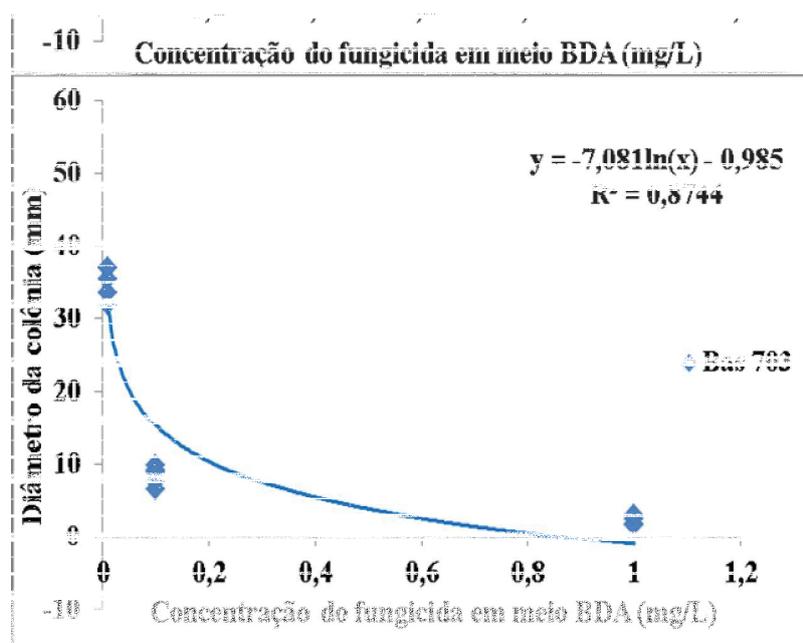


Figura 5 - Crescimento micelial de *Colletotrichum lindemuthianum* em meio BDA suplementado com os fungicidas piraclostrobina + epoxiconazol + fluxapiroxade (Bas 702) e piraclostrobina + epoxiconazol (Bas 703). UPF, Passo Fundo, 2013.

Com base nos valores de  $CI_{50}$  obtidos neste trabalho (Tabela 2), os fungicidas mais fungitóxicos a *C. lindemuthianum* seriam piraclostrobina e piraclostrobina + fluxapiróxade, seguidos por piraclostrobina + epoxiconazol + fluxapiróxade; azoxistrobina trifetil hidróxido de estanho; azoxistrobina + difenoconazol e difenoconazol. O fungicida Mertin (trifenil hidróxido de estanho) foi amplamente utilizado para o controle da antracnose do feijão, dada a sua eficácia sobre o patógeno. Contudo, o uso do produto está sendo descontinuado em função de sua elevada toxicidade. Trifenil hidróxido de estanho é considerado classe 1, faixa vermelha, portanto, altamente tóxico. Para substituí-lo, mostraram potencial os fungicidas com base nas estrobilurinas (piraclostrobina e azoxistrobina) e as misturas com carboxamida (fluxapiróxade). Piraclostrobina e azoxistrobina são ingredientes ativos já registrados para uso em feijão.

Tabela 3 - Concentração (mg/L) de fungicida necessária para inibir 50% o crescimento micelial (CI<sub>50</sub>) de *Colletotrichum lindemuthianum* em meio de cultura BDA. UPF, Passo Fundo, 2013.

<b>Ingrediente ativo</b>	<b>CI<sub>50</sub><sup>1</sup> (mg/L)</b>
Piraclostrobina	< 0,01
Piraclostrobina + fluxapiroxade	< 0,01
Piraclostrobina + epoxiconazol + fluxapiroxade	0,025
Azoxistrobina	0,0328
Trifenil hidróxido de estanho	0,0524
Azoxistrobina + difenoconazol	0,0685
Difenoconazol	0,22
Clorotalonil	>10,0

<sup>1</sup>Valores estimados por regressão logarítmica.

Alguns destes fungicidas já vem sendo avaliados e usados no controle de outras doenças. Azoxistrobina foi avaliado por Sales Jr. et al. (2004) e considerado eficaz para o controle em pós-colheita de *Colletotrichum* em mangueira.

No presente trabalho, difeconazol necessitou uma quantidade maior de ingrediente ativo (0,22 mg/L) para atingir a CI<sub>50</sub>. Esse mesmo fungicida foi considerado ineficiente em trabalho conduzido por Sponholz et al. (2004) em relação a *Colletotrichum* em banana.

Clorotalonil demonstrou ser pouco tóxico a *C. lindemuthianum* neste trabalho, ou seja, a quantidade de ativo necessária para inibir metade do crescimento micelial do fungo foi superior a maior concentração testada (10 mg/L). Baixa eficácia do

clorotalonil também foi reportada na antracnose do morango (Kosowski et al., 2001).

Com os fungicidas atualmente disponíveis no mercado para uso em feijão, Oliveira (2003) considera como tratamentos eficazes os fungicidas do grupo químico das estrobilurinas, associados ou não aos fungicidas triazóis ou à base de estanho.

#### **4 CONCLUSÕES**

Entre os grupos químicos estrobilurina, carboxamida e triazol, os primeiros dois se mostram mais fungitóxico para *Colletotrichum lindemuthianum*, agente causal da antracnose do feijão. Fungicidas destes grupos químicos (estrobilurinas e carboxamidas) tem potencial para substituir o trifenil hidróxido de estanho a ser descontinuado em função de sua elevada toxicidade e ecotoxicidade. Contudo, programas de manejo da antracnose com estes fungicidas devem ser avaliados para verificar sua adequação em campo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A.de F.B. 2005. *Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na região Sul de Minas Gerais*. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafraSulMG/doencas.htm>, acesso em 24/02/2013.

AGROFIT. *Base de dados de produtos agrotóxicos e fitossanitários*. Secretaria de Defesa Agropecuária/ Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Brasília. 2013.

ALVES, M.C., POZZA, E.A., MACHADO, J.C., ARAÚJO, D.V., TALAMINI, V. & OLIVEIRA, M.S. Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum* spp. transmitidos por sementes. *Fitopatologia Brasileira* n.31. p. 557-563. 2006.

AMORIN, L. Disseminação. In: BERGAMIM, F. A.; KIMATI, H. ; AMORIM, L. *Manual de Fitopatologia*, 3º ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 2v. 1995, p. 289-292.

ANTUNES, I. F.; SANTIN, R. de C. M.; MASTRANTONIO, J.J. da S.; CHOLLET, C. B.; LOPES, R.A.M.; CAMPOS, A.D; SILVA, H, T. New sources of resistance, race identification and virulence and resistance indexes in anthracnose research. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*. East Lansing, v. 46. p. 181-182. 2008.

ARAÚJO, A.E.; MENTEN, J.O.M.; FERREIRA, A.C.B.; DIAS, C.T.S.; NÓBREGA, M.B.M.; MORELLO, C.L. Efeito de diferentes níveis de *Colletotrichum gossypii* South var. *cephalosporioides* Costa, em plantas de algodão no campo e sua incidência nas sementes. *Summa Phytopathologica*, v.35, n.4, p.310-315, 2009.

ARAÚJO, D. de; RAETANO, C. G. *Adjuvantes de produtos fitossanitários*. In : ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. *Tecnologia de aplicação para culturas anuais*. Organizadores: Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF. 2011, p.27-49.

ARAÚJO, D.V., POZZA, E.A., MACHADO, J.C., ZAMBENEDETTI, E.B.; ARVALHO, E.M.; CELANO, F.A.O. Relação entre níveis de inóculo de *Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides* nas sementes e o progresso da ramulose do algodoeiro. *Fitopatologia Brasileira* n.31.p.147-151. 2006.

BALARDIN, R.S. & RODRIGUES, J.C.V. Sensibilidade 'in vitro' de raças de *Colletotrichum lindemuthianum* a fungicidas sistêmicos e protetores. *Fitopatologia Brasileira*, v.20 n.3, p. 494-497, 1995.

BARBOSA, F.R.; GONZAGA, A.C.de O. *Informações técnicas para o cultivo do feijão -comum na Região Central-Brasileira : 2012-2014*. Santo Antônio de Goiás/GO. Embrapa Arroz e Feijão. 2012, 247 p. (Documentos, 272).

BASU, S., LUTHRA, J., NIGAM, K. D. P. The effects of surfactants on adhesion, spreading, and retention of herbicide on the surface of the leaves. *J. Environ. Sci. and Health*. v. 4, p. 331-344, 2002.

BAYER T. M.; COSTA, I.F. D. da. Ocorrência de *Phakopsora euvitis* Ono em Santa Maria, Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v.36, n.4, p.1307-1308, 2006.

BERGAMIN FILHO, A., AMORIM, L., GOTTWALD, T.R. ; LARANJEIRA, F.F. Spatial distribution of citrus canker in São Paulo – Brazil. *Book of Abstracts*, VIII Internacional Workshop on Plant Disease Epidemiology, Ouro Preto, Brazil, p.29, 2001.

BERGAMIN, A.F; HAU, B.; AMORIM, L. JESUS Jr. W.C. Análise espacial de epidemias. In: VALE, F.X.R do; JESUS Jr. W.C de; ZAMBOLIM, L. *Epidemiologia aplicada a manejo de doenças de plantas*. Belo Horizonte: Editora Perfil,. 2004, p.195-235.

BERGER, R.D. Application of epidemiological principles to achieve plant disease control. *Annual Review of Phytopathology*. n.15. p. 165 – 183, 1977.

BIANCHINI, A., MARINGONI, A.C. & CARNEIRO, S.M.T.P.G. Doenças do feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: KIMATI, H., AMORIM, L., REZENDE, J.A.M., BERGAMIN FILHO, A. & CAMARGO,

L.E.A. *Manual de Fitopatologia*. São Paulo. Editora Agronômica Ceres, v.2. 2005, p. 333-349.

BLUM, L.E.B.; SANGOI, L.; AMARANTE, C.V.T. do; ARIOLI, C.J.; GUIMARÃES, L.S. Desfolha, população de plantas e precocidade do milho afetam a incidência e a severidade de podridões de colmo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.33, n.5, p.805-811, 2003.

BONETT, L.P.; SCHEWE, I.; SILVA, L. I. da. Variabilidade de *Colletotrichum lindemuthianum* em feijão comum no Oeste do Estado do Paraná. *Scientia Agrária*. Curitiba. v.9, n.2. p.207-210, 2008.

BRADLEY, D. J., GILBERT, G. S., PARKER, I. M. Susceptibility of clover species to fungal infection: The interaction of leaf surface traits and environment. *American J. Botany*. v. 6, p. 857-864, 2003.

BRASIL. *Manual de Análise Sanitária de Sementes* / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – 1. ed., 1.reimpr. rev. e atual. – Brasília : Mapa/ACS.. 2009, 200 p.

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

CARVALHO D. F. de; CRUZ E. S. da; PINTO, M.F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* Campina Grande/ PB, UAEA/UFCEG v.13, n.1, p.3-9, 2009.

CASTRO, J.L. de; ITO, M.F. DUDIENAS, C.; BULISANI, E.A.; ALMEIDA, L.D'. de. Ação de fungicidas sobre dois cultivares de feijão em Capão Bonito, SP. *Bragantia*, Campinas, v.50. n.2 p. 309-321, 1991.

CASTRO, R.A.; MENDES-COSTA, M.C.; SOUZA, E.A. Dimorfismo de ascósporos de *Glomerella cingulata* f. sp. *phaseoli*. *Fitopatologia Brasileira* n.31. p.598-600. 2006.

CONAB, *Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2012* / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2012, 29p.

COSTA, J. L. da S. *Aplicação de fungicidas via tratamento de sementes para o controle da antracnose (Colletotrichum lindemuthianum) do feijão (Phaseolus vulgaris L.)*, Aracajú/ SE. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 14p. (Documentos, 36).

DALLA PRIA, M. & SILVA, O.C. de. Antracnose. In: MARISTELLA DALLA PRIA E OLAVO CORRÊA DA SILVA. *Cultura do feijão: Doenças e controle*. Ponta Grossa, editora UEPG, 2010.p 49-56.

DALLA PRIA, M., AMORIM, L. & BERGAMIN FILHO, A. Quantificação de componentes monocíclicos da antracnose do feijão. *Fitopatologia Brasileira* n.28, p. 401-407, 2003

DIDONET, A.D. & COSTA, J.G. C. da. População de plantas e rendimento de grãos em feijoeiro comum de ciclo precoce. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, n.34, vol 2, p.105-109, 2004.

EMBRAPA TRIGO. *Centro Nacional de Pesquisa de Trigo*, Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/relatorioMet.php?ano=2013&mes=03>, acesso em 10/03/2013.

FABRE, J. V., JULIEN, J., PARISOT, D., DRON, M. Analysis of diverse isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* infecting common bean using molecular markers. *Mycological Research* n 99. p. 429-435. 1995.

FERNANDEZ, C.M.A. *Influência do número de focos de inoculos iniciais de Colletotrichum lindemuthianum (Sacc. & Magn) Scrib. no desenvolvimento da antracnose em folhas, vagens e sementes de Phaseolus vulgaris*. 1981. 40p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Universidade Federal de Viçosa/ MG,1981.

FERRO, D.D.X.; GOMES, K.G.; LOBO JR.,M. Translocação e efeito de fungicidas sobre a severidade da antracnose do feijão . *Tropical Plant Pathology* v.36 (Suplemento), 2011.

FLOR, H. H. Host-parasite interaction in flax rust-its genetics and other implications. *Phytopathology*, n.45, p.680-685, 1955.

FRANCO, D.A.S ; BURGA, C.A; VERONESE, R. Avaliação da eficácia de break – thru® para melhorar glifosato no controle de plantas daninhas perenes em condições de chuva. V SINTAG. Simpósio internacional de tecnologia de aplicação de agrotóxicos. 2011. *Anais*. Londrina /PR. Editora FEPAF, 2011.

GARCIA, A.; SOUZA, P. E. de; POZZA, E.A.; SANTOS, F. da S. Influência das variáveis ambientais no progresso da antracnose do feijoeiro e eficiência de tiofanato metílico + clorotalonil no controle da doença. *Ciência agrotécnica.*, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1709-1715, 2007.

GIMENES Jr, M.; ZHU, H., RAETANO, C.G.; OLIVEIRA, R.B.; CHRISTOVAM, R. S; POGETTO, M. H. F. A. D.; COSTA, S.I. A. Adjuvant effects on droplets evaporation time and wetted area on soybean plants . In: V SINTAG (Simpósio internacional de tecnologia de aplicação de agrotóxicos). 2011. *Anais*. Londrina/PR. Editora FEPAF., 2011.

GOMES, K. G.; FERRO, D.D. X.; LOBO Jr, M. *Testes de translocação e efeito de fungicidas sobre a severidade da antracnose do feijão*. Santo Antônio de Goiás, GO, Embrapa Arroz e Feijão, 2011. 78 p. (Documentos, 270)

HORN, F.L.; SCHUCH, L. O. B; SILVEIRA, E.P.; ANTUNES, I.F.; VIEIRA, J. C.; MARCHIORO, G.; MEDEIROS, D.F.; SCHWENGBER, J.E. Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.1, p.41-46, 2000.

JASPER, M. *Comparativo de diferentes grupos de fungicidas no controle de doenças do feijão*. 2010. 67 p. Dissertação (mestrado em

agronomia – Área de concentração em agricultura), Universidade estadual de Ponta Grossa/PG. 2010.

JAUER, A.; DUTRA, L. M. C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, L. A.; UHRY, D.; LUDWIG, M. P.; FARIAS, J. R.; Comportamento de cultivar Pérola de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* .) em quatro densidades de semeadura na safrinha em Santa Maria – RS. *Revista da FZVA*. Uruguaiana, v.13, n.1, p. 12-23. 2006.

JESUS JUNIOR, W. C. de; BASSANEZI, R. B. Análise da dinâmica e estrutura de focos da morte súbita dos citros. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 4, p. 399-405. 2004.

KIMATI, H. & GALLI, F. *Glomerella cingulate* (Stonem.) Spauld. et V. Schrenk. f. sp. *Phaseoli*, fase ascogêna do agente causal da antracnose no feijão. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiróz*. Piracicaba, v.27, p. 411- 437. 1970.

KIMATI, H. Algumas raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc & Magn.) Scrib. que ocorrem no estado de São Paulo. *An. Esc. Sup. Agric. Luis de Queiroz*. USP. v. 23, p. 411-437, 1966.

KOSOSKI, R.M., FURLANETTO, C., TOMITA, C.K. & CAFÉ FILHO, A.C. Efeito de fungicidas em *Colletotrichum acutatum* e controle da antracnose do morangueiro. *Fitopatologia Brasileira* 26:662-666. 2001.

KOZLOWSKI, L.A. ; SIMÕES, D. F. M.; SOUZA, C.D. de; TRENTO, M. Efeito fisiológico de estrobilurina F 500® no crescimento e rendimento do feijoeiro. *Revista Acadêmica. Ciência Agrária Ambiental*., Curitiba, v. 7, n. 1, p. 41-54,. 2009.

KRANZ, J. Comparasion of epidemics. *Annual review of Phytopathology*, v.12. 1974, p.355-374.

KRINSKI, S. A. 2002. *Arranjos espaciais para o feijoeiro em semeadura diretas*. Disponível em <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99517939025>, acesso em 26/04/2012.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C.A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M.J.de O. *Cultura do feijão comum no Brasil*. Piracicaba: Potafos. 1996, p. 23-33.

LARANJEIRA, F.F.; BERGAMIM FILHO,A.; AMORIM,L. Dinâmica e estrutura em focos da clorose variegada dos citros (CVC). *Fitopatologia Brasileira*, Brasilia, v.23, n.1, p.36-41, 1998b.

LOBO JR, M. 2005. *Cultivo do feijão irrigado na região noroeste de Minas Gerais*. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafraSulMG/>, acesso em 25/06/2012.

MADDEN, L.V.; YANG, X. and WILSON, L .L. Effect of rain intensity on splash dispersal of *Colletotrichum acuntatum*. *Phytopatology* n.86, p. 864-874, 1996.

MAFFIA, L.A.; CARMO, M.G.F.; KATSURAYAMA, Y. Epidemiologia e controle de principais doenças do feijoeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 3., 1988, Piracicaba. *Anais*. Piracicaba, 1988. p.103-126.

MARINGONI, A.C. & BARROS, E.M. Ocorrência de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* resistentes a fungicidas benzimidazóis. *Summa Phytopathologica*, v.28, n.2, p. 197-200, 2002.

MEDEIROS, L.A.M. *Resistencia genética do feijão (Phaseolus vulgaris L.) ao Colletotrichum lindemuthianum*. 2004. 84p. Tese (Doutorado em produção vegetal). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria/RS. 2004.

MENEZES, M. A. Aspectos biológicos e taxonômicos de espécies do gênero *Colletotrichum*. *Anais da academia pernambucana de ciência agronômica*, Recife, vol.3.p.170-179, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, *Break thru..* Disponível em <http://www.agricultura.pr.gov.br/>

[arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Outros/BREAK-THRU.pdf](#), acesso em 15/01/2013.

MISHRA, A. & SIRADHANA, B.S. Studies on the survival of sorghum anthracnose (*Colletotrichum graminicola*) pathogen. *Phillippine Agriculture*. n. 62.p.149–152. 1979.

MORAES, S.R.G. *Infecção e colonização de Colletotrichum gloeosporioides em goiaba e infecção de Colletotrichum acuntatum em folhas de citros*. 2009. 114p. Tese (doutorado). Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz. Piracicaba /SP. 2009.

NAPOLEÃO, R.; CAFÉ FILHO, A. C; LOPES, C. A.; NASSER, L. C. B. Effect of plant spacing and bean cultivar on white mold and seed sanity. *Summa Phytopathologica*, v. 32, n. 1, p. 63-66, 2006.

NASCIMENTO, J.M. DO; GAVASSONI, W.L.; BACCHI, L.M.A.; ZUNTINI, B.; MENDES, M.P.; LEONEL, R.K.; PONTIM, B.C.A. Associação de adjuvantes à picoxistrobina + ciproconazol no controle da ferrugem asiática da soja. *Summa Phytopathologica*, v.38, n.3, p.204-210, 2012.

NAVARINI, L, DALLAGNOL, L.J., BALARDIN, R.S., MOREIRA, M.T., MENEGHETTI, R.C., MADALOSSO, M.G. Chemical Control of Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) in soybean crop. *Summa Phytopathologica*, v.33, n.2, p.182-186, 2007.

OLIVEIRA, E.F.de; ARAÚJO, E. Incidência e severidade de doenças do feijão em monocultivo e consorciado com o abacaxizeiro- nota prévia. *Agropecuária Técnica*, v. 21, 2000.

OLIVEIRA, S.H.F. Novos fungicidas e programas de pulverização para o controle da antracnose e da mancha angular do feijão. *Summa Phytopathologica*, v. 29, n.1, p.45-48, 2003.

PASTOR-CORRALES, M. A.; OTOYA, M. M.; MOLINA, A. Resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Middle America and Andean South America in different common bean races. *Plant Disease* v.79, p.63-67, 1995.

PAULA JÚNIOR T. J. de & VENZON M.: 101 *Culturas - Manual de Tecnologias Agrícolas*. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007, 800 p.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. *Cultivares de milho para o consumo verde*. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo. 2002, n. 15, 7 p.(Circular Técnica 15).

PINTO, A.C.S., POZZA, E A., TALAMINI, V., MACHADO, J.C., SALES, N.L.P., GARCIA JÚNIOR, D.; SANTOS, D.M. Análise do padrão espacial e do gradiente da antracnose do feijão em duas épocas de cultivo. *Summa Phytopathologica* n.27, p.392-398. 2001.

PIO-RIBEIRO, G. & CHAVES, G.M. Raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. que ocorrem em alguns municípios de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. *Experientiae* n.19, p.95-118. 1975.

PIRES L. L.; BRAGANTINI C.; COSTA J. L.DA S. Armazenamento de sementes de feijão revestidas com polímeros e tratadas com fungicidas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.7, p.709-715, 2004.

PIRES, P.C. *Ferrugem da folha de trigo (Puccinia triticina erikss.) taxa de formação e distribuição das lesões*. 2007. 83p. Dissertação (mestrado em agronomia). Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo/RS. 2007.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 8-19, 2008.

RAGAGNIN, V.A., ALZATE-MARIN, A.L., SOUZA, T.L.P.O., ARRUDA, K.M.A., MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Avaliação da resistência de isolinhas de feijão ao *Colletotrichum lindemuthianum*, *Uromyces appendiculatus* e *Phaeoisariopsis griseola*. *Fitopatologia Brasileira*. v.28. 2003, p.591-596. .

RAPOSO, J.A. de A.; SCHUCH,L.O.B;ASSIS,F.N.de;MACHADO,A.A.Consorcio de milho e feijão em diferentes arranjos e populações de plantas, em

Pelotas/RS. *Pesquisa agropecuária brasileira*. Brasília. v.30, n.5, p.639-647, 1995.

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, p. 45-48, 1998.

REIS, E.M; CASA, R.T. Sobrevivência de fitopatógenos. In: VALE, F.X.R.do; JESUS Jr. W.C.; ZAMBOLIM,L. *Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças*. Belo Horizonte: Editora Perfil, 2004, p.357.

REIS, E.M.; CASA, R. T.; MEDEIROS, C. A. Estratégias de controle. In: *Diagnose, patometria e controle de doenças de cereais de inverno*. Londrina: ES. 2001, 94p.

REIS, E.M.; CASA, R.T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. *Summa Phytopathologica*, v.37, n.3, p.85-91, 2011.

REIS, E.M.; REIS, A. C. R.; CARMONA M.A. Classificação dos fungicidas- uma nova abordagem. In: REIS, E.M.; REIS, A. C. R.; CARMONA M.A *Manual de fungicidas : guia para o controle químico de doenças de plantas*. 6º ed. Passo Fundo. Ed. Universidade de Passo Fundo. 2010, p.31.

REIS, E.M.; REIS, A.C.; FORCELINI, C.A. *Manual de fungicidas: Guia para controle químico de doenças de plantas*. 5 ed. Passo Fundo: Ed. UPF. 2007, 153p.

REY M.S.; LIMA N.B.; SANTOS J. dos ; PIEROBOM.C.R. Transmissão semente-plântula de *Colletotrichum lindemuthinum* em feijão (*Phaseolus vulgaris*). *Arq. Instituto Biológico*. São Paulo, v.76, n.3, p.465-47., 2009.

RIBEIRO, L. S. *Uso de incubadora BOD e de produtos fermentados na avaliação e no controle da antracnose do feijão*. 2007. 50 p Dissertação (Mestrado em ciências), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS. 2007.

ROCA, M. M. G.; DAVIDE, C. L.; MENDES-COSTA, M. C. Cytogenetics of *Colletotrichum lindemuthianum* (*Glomerella cingulata* f. sp. *phaseoli*). *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 4, p. 367-373, 2003.

RUSSEL, P. E. *Sensitivity baselines in fungicide resistance research and management*. FRAC Monograph n° 3, Cambridge CB2 5AN, UK, 2004.

SALES Jr, R; COSTA, F.M.; MARINHO, R.E.M.; NUNES, G.H.S.; AMARO FILHO, J. ; MIRANDA, V.S. Utilização de azoxistrobina no controle da antracnose da mangueira. *Fitopatologia Brasileira* n.29.p.193-196. 2004.

SANGOI L.; ENDER , M.; GUIDOLIN ,A.F.; BOGO,A. ; KOTHE, D. M. Incidência e severidade de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. *Ciencia Rural*. Santa Maria. v. 30. n. 1 p. 17-21, 2000.

SANTINI, A.; ITO, M.F.; CASTRO, J.L.de.; ITO, M.A.; GOTO, J.C. Ação fungicida do acaricida azocyclotin sobre a antracnose do feijão comum. *Bragantia*, Campinas, v.64, n.2, p.241-248, 2005.

SANTOS, G.R., ZAMBOLIM, L. & BATISTA, U.G. Transmissão de *Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides* por sementes do algodoeiro em função do período de inoculação das plantas. *Summa Phytopathologica* n.19.p.177-180. 1993.

SANTOS, J. dos; ANTUNES, I.F., REY, M. dos S., ROSSETTO, E. A. Virulência das raças 65, 73 e 81 de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib. e determinação de fontes de resistência em *Phaseolus vulgaris* L. *Revista Brasileira de Agrociência*. Pelotas, v.14, n.3-4, p.115-124, 2008.

SARTORATO, A.; RIOS, G.P. Eficiência de mistura de fungicida no controle antracnose do feijão comum. *Comunicado técnico* 55. Embrapa Arroz e feijão. Santo Antonio de Goiás, GO. 4p. 2003

SCHWARTZ, H.F. Anthracnose. In: Robert Hall. *Compendium of bean disease. The American Phytopathological Society*. second printing. 1994, p.16-17.

SOUZA, B.O. de; SOUZA, E. A. de; MENDES-COSTA, M.C. Determinação da variabilidade em isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* por meio de marcadores morfológicos e culturais. *Ciência agrotécnica.*, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1000-1006, 2007.

SPONHOLZ, C.; BATISTA, U. G.; ZAMBOLIM, L.; SALOMÃO, L. C. C.; CARDOSO, A. A. Efeito do tratamento hidrotérmico e químico de frutos de banana 'Prata' no controle da antracnose em pós-colheita. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, n. 5, 2004.

TU, J.C. & JARVIS, W.R. Ontogeny, organization, and longevity of sclerotium – like structures produced by *Colletotrichum lindemuthianum* in the presence of benomyl. *Canadian Journal of Plant Pathology*. Ontário, n.1.p. 17-22, 1979 a.

VALE, F. X. R; ZAMBOLIN, L.; COSTA, L.C.; LIBERATO, J.R.; DIAS, A.P.S. Influência do clima no desenvolvimento de doenças de plantas. In: VALE, F.X.R do; JESUS Jr. W.C de; ZAMBOLIM, L. *Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas*. Belo Horizonte: Editora Perfil, 2004, 532p.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. *Conceitos e aplicações dos adjuvantes*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10 p. (Documentos 56).

VENÂNCIO, W.S.; RODRIGUES, M.A.T; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N.L. *Physiological effect of strobilurin fungicides on plant. Publication*. Ponta Grossa: UEPG, v.9, n.3, 2003, p.59-68.

VIEIRA C. *Doenças e pragas do feijoeiro*. Viçosa: UFV. 1983, 231 p.

WAGGONER, P.E. & AYLOR, D.E. Epidemiology: a science of patterns. *Annual Review of Phytopathology* v. 38, p.71-94, 2000.

XU, L., ZHU, H., OZKAN, H. E., BAGLEY W. E., DERKSEN R. C., KRAUSE, C. R.. Adjuvant effects on evaporation rates and wetted area. *Transactions of the ASABE*. v.. 53, n.1, p. 13-20, 2010.

ZAMBOLIM, L.VENANCIO, W.S.;OLIVEIRA,S.H.F. *Manejo de resistência de fungos a fungicidas*. Viçosa, MG.: UFV. 2007, 168p.

ZAMBOLIN, L.; SOUZA, A.F.; BARBOSA, J.C. Controle integrado de doenças fúngicas da parte aérea de plantas, visando à redução na transmissão por sementes. In: ZAMBOLIN, L. *Sementes: qualidade fitossanitária*, Viçosa, UFV. 2005, p. 215-266.