



GERALDO FERREIRA GONTIJO NETO

**USO DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA NA
CULTURA DO FEIJOEIRO CUMUM**

**LAVRAS – MG
2015**

GERALDO FERREIRA GONTIJO NETO

**USO DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA NA CULTURA DO
FEIJOEIRO COMUM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Messias José Bastos de Andrade

Coorientador

Dr. Edson Ampélio Pozza

**LAVRAS – MG
2015**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Gontijo Neto, Geraldo Ferreira.

Indutores de resistência à antracnose e à mancha angular no feijoeiro comum / Geraldo Ferreira Gontijo Neto. – Lavras: UFLA, 2015.

68 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)—Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador(a): Messias José Bastos de Andrade.

Bibliografia.

1. Feijoeiro Comum. 2. Indutores de resistência. 3. Antracnose. 4. Mancha angular. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

GERALDO FERREIRA GONTIJO NETO

**USO DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA NA CULTURA DO
FEIJOEIRO COMUM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 7 de agosto de 2015.

Dr. Hudson Teixeira

Dr. Paulo Estevão

Dr. Edson Ampélio Pozza

Dr. Messias José Bastos de Andrade
Orientador

**LAVRAS – MG
2015**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Divino Pai Eterno por se fazer luz em meu caminho.

Ao grupo de pesquisa em feijão, pelo apoio.

Ao meu orientador, pelas oportunidades concedidas e pela confiança.

Aos professores e funcionários do Departamento de Agricultura da UFLA.

A Universidade Federal de Lavras, a CAPES, por oferecer condições de estudo e apoio financeiro agradeço.

RESUMO

O desenvolvimento de novas alternativas para o controle de doenças é de fundamental importância para assegurar a produtividade dos cultivos agrícolas e a sustentabilidade dos sistemas de produção. Objetivou-se neste trabalho avaliar diferentes indutores de resistência para o controle da antracnose e mancha angular, e sua influência no desempenho produtivo da cultura do feijoeiro comum. Foi conduzido um ensaio em casa de vegetação, avaliando duas doses de silicato de cálcio (0 e 220 mg.dm⁻³) combinadas com sete tratamentos foliares [silicato de potássio, acibenzolar-S-metil (ASM), ortofosfato, fosfito de manganês, sulfato de manganês, fungicida e água], sobre a severidade e incidência da antracnose e o crescimento de plantas de feijoeiro comum. No campo, dois ensaios (Lambari e Luminárias-MG) avaliaram o efeito de seis tratamentos foliares (cinco indutores de resistência e água), combinados com dois níveis de fungicidas (com e sem), sobre o controle de antracnose e de mancha angular sobre o rendimento de grãos do feijoeiro. O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado em casa de vegetação, enquanto que a campo foi o de blocos casualizados, ambos com quatro repetições. Concluiu-se que em condições controladas, moléculas indutoras de resistência influenciaram a incidência e a severidade da antracnose em plantas de feijoeiro comum. O silicato de cálcio aplicado em dose equivalente à fornecida por corretivo silicatado em campo não influenciou o crescimento do feijoeiro nem o desenvolvimento de antracnose em condições controladas. O uso de indutores, quando combinados a fungicidas, não proporcionou efeito adicional no controle de doenças, nem na produtividade do feijoeiro, quando combinado com fungicida, permanecendo o controle químico com fungicida a melhor alternativa para controle de doenças em condição de campo.

Palavras-chave: Indução de resistência. *Colletotrichum lindemuthianum*. *Phaseolus vulgaris*. *Pseudocercospora griseola*.

ABSTRACT

The development of new alternatives for disease control is of paramount importance to ensure the agricultural crops' productivity and sustainability of production systems. In this study the objective was to evaluate different resistance inducers to the control of anthracnose and angular leaf spot and their influence on productive performance of the common bean crop. A trial was conducted in a greenhouse, evaluating two calcium silicate doses (0 and 220 mg.dm⁻³) combined with seven foliar treatments [potassium silicate, acibenzolar-S-methyl (ASM), orthophosphate, manganese phosphite, manganese sulfate, fungicide and water] on the severity and incidence of anthracnose and the growth of common bean plants. In the field, two assays (*Lambari* and *Luminárias-MG*) it was assessed six foliar treatment effect (five inducers of resistance and water), combined with two fungicides levels (with and without) on the control of anthracnose and angular leaf spot on the yield of bean grains. The statistical design was completely randomized in a greenhouse, while in the field was a randomized blocks, both with four repetitions. It was concluded that under controlled conditions, inducing molecules of resistance influenced the incidence and severity of anthracnose in common bean plants. Calcium silicate applied to equivalent dose provided by the corrective silicate in the field does not influence the bean growth neither the anthracnose development under controlled conditions. Inducers' use when combined with fungicides, provides no additional effect on disease control neither in common bean productivity when combined with fungicide, remaining chemical control with fungicides the best alternative for disease control under field conditions.

Keywords: Induction of resistance. *Colletotrichum lindemuthianum*. *Phaseolus vulgaris*. *Pseudocercospora griseola*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Temperaturas (média, máxima e mínima) registradas em casa de vegetação.....	39
Figura 2	Área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) de antracnose em plantas de feijoeiro comum em casa de vegetação pulverizadas com fungicida e diferentes indutores de resistência. T1 – fungicida; T2 – silicato de potássio; T3 – fosfito de manganês; T4 – sulfato de manganês; T5 – ASM; T6 – ortofosfato; T7 – água. Letras distintas representam médias pertencentes a diferentes agrupamentos pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.....	42
Figura 3	Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) de antracnose em plantas de feijoeiro comum em casa de vegetação, pulverizadas com fungicida e diferentes indutores de resistência. T1 – fungicida; T2 – silicato de potássio; T3 – fosfito de manganês; T4 – sulfato de manganês; T5 – ASM; T6 – ortofosfato; T7 – água. Letras distintas representam médias pertencentes a diferentes agrupamentos pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.....	43
Figura 4	Área lesionada (AL) por antracnose em plantas de feijoeiro comum em casa de vegetação, pulverizadas com fungicida e diferentes indutores de resistência. T1 – fungicida; T2 – silicato de potássio; T3 – fosfito de manganês; T4 – sulfato de manganês; T5 – ASM; T6 – ortofosfato; T7 – água. Letras distintas representam médias pertencentes a diferentes agrupamentos pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.....	43
Figura 5	Temperaturas (máxima e mínima) e pluviosidade registradas em São Lourenço durante a execução do experimento em Lambari. Dados tomados do INMET, Estação Meteorológica de São Lourenço, MG.....	49
Figura 6	Temperaturas (máxima e mínima) e pluviosidade registradas em Lavras durante a execução do experimento em Luminárias. Dados tomados no INMET, Estação Meteorológica de Lavras, MG.....	50
Figura 7	Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) de antracnose em Luminárias, MG, para os tratamentos água (T1), ASM (T2), fosfito de manganês (T3), ECC (T4), ortofosfato (T5) e silicato de potássio (T6).....	53

Figura 8	Área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) de antracnose em Luminárias, MG, para os tratamentos água (T1), ASM(T2), fosfito de manganês (T3), ECC (T4), ortofosfato (T5) e silicato de potássio (T6).....	53
Figura 9	Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) de mancha-angular em Luminárias, MG, para os tratamentos água (T1), ASM (T2), fosfito de manganês (T3), ECC (T4), ortofosfato (T5) e silicato de potássio (T6).....	54
Figura 10	Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e incidência (AACPI) de mancha-angular em Luminárias, MG, para os tratamentos água (T1), ASM (T2), fosfito de manganês (T3), ECC (T4), ortofosfato (T5) e silicato de potássio (T6).....	54
Figura 11	Produtividade média do feijoeiro comum ‘com’ e ‘sem’ tratamento com fungicida.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Indutores de resistência e fungicidas utilizados no experimento conduzido em casa de vegetação.....	31
Tabela 2	Quantidade de ingrediente ativo (i.a.) adicionada por tratamento foliar, na dose utilizada no ensaio em casa de vegetação.....	32
Tabela 3	Atributos químicos dos solos utilizados no experimento 1 (Substrato) e no experimento 2 (Lambari e Luminárias) ¹	33
Tabela 4	Indutores de resistência e fungicidas empregados nos experimentos de campo.....	36
Tabela 5	Quantidade de ingrediente ativo (i.a.) na dose utilizada no experimento a campo.....	36
Tabela 6	Quantidades de nutrientes fornecidas (kg.ha ⁻¹) no programa de adubação dos ensaios a campo em Lambari e Luminárias, MG.....	37
Tabela 7	Resumo da análise de variância dos dados relativos à área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e incidência (AACPI), área lesionada total (AL), massa seca da parte aérea (MS) e altura de planta.....	41
Tabela 8	Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e silício (Si) na parte aérea do feijoeiro.....	41
Tabela 9	Valores médios da área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e incidência (AACPI) da antracnose, área lesionada (%), massa seca da parte aérea (g) e altura (cm) de plantas de feijoeiro comum com (Com Si) ou sem (Sem Si) suplementação de silicato de cálcio via solo em casa de vegetação.....	41
Tabela 10	Valores médios de peso seco da parte aérea (g) e altura (cm) de plantas de feijoeiro comum em casa de vegetação, pulverizadas com fungicida e diferentes indutores de resistência ¹	44
Tabela 11	Valores médios ¹ dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, expressos em g.kg ⁻¹ , e Mn e Zn, expressos em mg.kg ⁻¹ , no tecido de plantas de feijoeiro comum pulverizadas com fungicida e diferentes indutores de resistência, e com (Com Si) ou sem (Sem Si) suplementação de silicato de cálcio via solo, em casa de vegetação.....	46
Tabela 12	Valores médios ¹ dos teores de Fe e Si, expressos em mg.kg ⁻¹ , no tecido de plantas de feijoeiro comum pulverizadas com fungicida e diferentes indutores de resistência, e com (Com Si) ou sem (Sem Si) suplementação de silicato de cálcio via solo, em casa de vegetação.....	46

Tabela 13	Faixas críticas de macro e micronutrientes para a cultura do feijoeiro comum de acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).	47
Tabela 14	Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos ao rendimento de grãos e seus componentes primários do feijoeiro comum em Lambari e Luminárias, MG.....	48
Tabela 15	Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos às áreas abaixo da curva de progresso de severidade (AACPS) e da incidência (AACPI) de antracnose e mancha-angular do feijoeiro comum em Luminárias, MG.....	49
Tabela 16	Valores médios de precipitação (mm), temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa (%) registrados durante o desenvolvimento vegetativo (estádios V1 a V4), floração (R5 a R6), e da formação de vagens à maturidade fisiológica (R7 a R9) do feijoeiro cultivado em Lambari e Luminárias, MG.....	51
Tabela 17	Valores médios de precipitação (mm) e temperaturas máxima e mínima (°C) para os meses de execução dos experimentos nos últimos 10 anos (A) e durante a realização dos experimentos (B)....	51
Tabela 18	Valores médios das áreas abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e incidência (AACPI) de antracnose e mancha-angular, em áreas com e sem tratamento com fungicida. Luminárias-MG.....	55
Tabela 19	Valores médios para os componentes de rendimento vagens por planta, grãos por vagem e peso de 100 grãos (g) na cultura do feijoeiro comum para diferentes tratamentos fitossanitários em Lambari e Luminárias, MG.....	55
Tabela 20	Valores médios de produtividade (kg.ha ⁻¹) na cultura do feijoeiro para diferentes tratamentos com indutores de resistência em Lambari e Luminárias, MG.....	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	A cultura do feijoeiro	15
2.2	Doenças fúngicas do feijoeiro	16
2.3	Indutores de resistência	20
2.4	Silício e a resistência das plantas às doenças	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	Experimento 1 em casa de vegetação	31
3.2	Experimento em campo	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	Experimento em casa de vegetação	39
4.2	Experimentos a campo	47
5	CONCLUSÕES	58
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro comum possui grande importância para a sociedade brasileira e envolve aspectos que vão desde o hábito cultural até questões de segurança alimentar. O feijão é considerado um alimento saudável e assume importante papel como fonte de proteínas e minerais para as populações mais carentes. Sendo o consumo de feijão um hábito generalizado na sociedade, aquele se configura como um importante item da cesta básica dos brasileiros.

Nos últimos dois anos o consumidor nacional acompanhou a escalada nos preços dos alimentos, entre eles o feijão. Essa alta de preços está relacionada a questões relativas ao comércio internacional. A valorização das cotações do milho e da soja nas bolsas de valores estrangeiras, por exemplo, faz com que muitos produtores deixem de cultivar o feijão para plantar aqueles grãos. Esse é um dos fatores, entre outros, que tem restringido a produção nacional de feijão e contribuído para o aumento das importações.

Outro fator, desta vez interno, é o aumento do custo de produção. Entre os vários itens que compõem o custo de produção das lavouras de grãos, os defensivos estão entre os mais relevantes. A cultura do feijoeiro é acometida por uma série de doenças responsáveis por causarem prejuízos à lavoura. Além de comprometerem a produção, seu controle constitui um custo adicional elevado para muitos produtores.

Dessa forma, entre os desafios que cercam a produção agrícola, o manejo de doenças é, sem dúvida, um dos mais estratégicos. A agricultura moderna possui diversos desafios no que diz respeito à manutenção e à evolução da capacidade produtiva dos cultivos. Fatores de ordem biótica e abiótica sempre influenciaram a produção agrícola, entretanto, com o advento da revolução verde e o uso de técnicas modernas de cultivo, como uso intensivo de insumos industriais, houve uma diminuição da resiliência dos sistemas agrícolas. Assim,

ainda que a produtividade agrícola global tenha aumentado, intensificaram-se os prejuízos causados por pragas e doenças. Atualmente o aumento dos danos provocados por organismos causadores de doenças em plantas concorre com os interesses da agricultura moderna de aumento de produtividade e lucratividade.

O desenvolvimento de tecnologias que permitam reduzir o custo de produção e aumentar o espectro de medidas de controle de doenças é uma questão estratégica para a produção agrícola do país. Sendo assim, o estudo de alternativas para o controle de doenças, que vá além do tradicional controle químico, se faz importante. Nesse contexto, os indutores de resistência podem vir a ser uma alternativa técnica para o manejo de doenças em plantas, inclusive no feijoeiro.

Objetivou-se com este trabalho avaliar diferentes indutores de resistência para o controle da antracnose e mancha-angular, e sua influência no desempenho produtivo da cultura do feijoeiro comum.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do feijoeiro

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma planta originária da América Latina, cultivado principalmente nas regiões tropicais e subtropicais do globo. Sua importância está atrelada à sua relevância como objeto de segurança alimentar. O feijão é uma importante fonte de proteínas para as populações de países em desenvolvimento, sobretudo para as classes de menor renda (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2012).

A produção mundial de feijão gira em torno de 19 milhões de toneladas (incluindo outras espécies além de *Phaseolus vulgaris*), representando menos de 1% da produção mundial de grãos. Isso ajuda a explicar o fato de seu cultivo ocorrer em regiões específicas, sobretudo em países com tradição de seu consumo. A Ásia detém a maior parte da produção mundial do grão, seguida pelas Américas e pela África (FANCELLI, 2013).

O Brasil é um dos maiores produtores e o maior consumidor mundial do grão. Entre os anos de 2006 e 2012 a produção média nacional foi de aproximadamente 3,05 milhões de toneladas, enquanto o consumo médio ficou em torno de 3,2 milhões de toneladas do grão. No ano de 2013 o Brasil obteve destaque no comércio internacional de feijão como o maior importador mundial, importando algo próximo a um quarto de milhão de toneladas (FANCELLI, 2013).

A produção de feijão no Brasil possui algumas particularidades quando comparada à de outros grãos. Ao contrário do que ocorre com a soja e o milho, a maior parte da produção (em torno de 70%) é proveniente

da agricultura familiar. Ocorrem três safras por ano, com características bem distintas. O fato de o grão ser cultivado por todo o país, em várias safras, garante que durante todo o ano, em alguma parte do território nacional, tenha feijão sendo colhido ou plantado (EMBRAPA, 2012).

2.2 Doenças fúngicas do feijoeiro

Segundo Agrios (2005), existem na natureza mais de 10.000 espécies de fungos causadores de doenças em plantas, havendo para cada espécie vegetal um ou mais fungos fitopatogênicos relacionados. A cultura do feijoeiro não foge à regra. Dos mais de 20 agentes etiológicos de doenças mais importantes na cultura, listados por Embrapa (2012), ao menos 16 são fungos.

No feijoeiro comum os fungos associados a doenças podem ser classificados em fungos de parte aérea e de solo. Os primeiros são responsáveis por provocarem lesões no limbo foliar, nas nervuras das folhas e também nas vagens, além de sinais típicos. Esses patógenos normalmente sobrevivem em restos culturais por até dois anos e podem ser dispersos por sementes contaminadas (EMBRAPA, 2012).

Os fungos de solo são responsáveis por podridões e murchas, infectando principalmente o sistema radicular e as hastes do feijoeiro. Esses agentes fitopatogênicos possuem alto potencial de dano, podendo causar perda total na produção. Além disso, podem inviabilizar o cultivo em áreas com alta incidência, pois podem permanecer no solo por vários anos (EMBRAPA, 2012).

Dentre as doenças do feijoeiro, a antracnose é uma das mais importantes. Disseminada por todo o mundo, essa doença pode provocar danos durante todo ano, apesar de mais intensos nos períodos em que há temperaturas amenas associadas a frequente molhamento da cultura. O agente etiológico da doença é o *Colletorichum lindemuthianum* (Sacc. e Mag.) Scrib. um fungo com

alta variabilidade patogênica, com mais de 100 raças identificadas em todo o mundo (FERREIRA; CAMPA; GIRALDEZ, 2008; SILVA; SOUZA; ISHIKAWA, 2007). De caráter hemibiotrófico, o patógeno pertence à classe dos Ascomicetos, sendo caracterizado por produzir conídios hialinos e unicelulares. A fase perfeita corresponde ao ascomiceto *Glomerella cingulata* f. sp. *phaseoli* (KIMATI et al., 2005).

A antracnose pode provocar perdas de até 100% na cultura do feijoeiro, principalmente quando ocorre no início do desenvolvimento da lavoura, associada a condições favoráveis para sua disseminação. Os sintomas aparecem em toda a parte aérea. Na plântula podem ser observadas lesões de coloração marrom a preta nos cotilédones e também no hipocótilo. Neste caso podem provocar o estrangulamento e morte. Nas folhas, as lesões são necróticas, normalmente ocorrendo na face inferior, nas nervuras. Com o progresso da doença as lesões passam a ser vistas também na parte superior da folha, circundadas por uma região clorótica. No pecíolo e também no caule, apresentam-se alongadas e deprimidas. Nas vagens as lesões são geralmente arredondadas e deprimidas, podendo apresentar uma coloração rósea no centro, devido à esporulação do fungo (KIMATI et al., 2005). Além de danos diretos, a antracnose pode provocar danos indiretos pela depreciação dos grãos de feijão, ocasionando manchas indesejáveis à comercialização.

A principal forma de disseminação e sobrevivência do fungo são as sementes (VECHIATO et al., 2001). A incidência da doença em campo, assim como sua taxa de progresso, é proporcional ao nível de contaminação das sementes por *C. lindemuthianum* (TALAMINI, 2003). Silva et al. (2010) encontraram maior incidência de antracnose em campo para um nível de inóculo em sementes de 2,42% em área livre de restos culturais. O patógeno ainda possui a capacidade de sobreviver em restos culturais entre as estações de cultivo na forma de conídio e micélio.

O ciclo curto, a diversidade de regiões produtoras e o uso de irrigação permitem que o feijoeiro seja cultivado ao longo de todo o ano. Garcia et al. (2007) constataram a ocorrência de antracnose nos mais diferentes plantios ao longo do ano. Os diversos fatores climáticos se relacionam com a doença de maneiras diferentes ao longo do ciclo da cultura. A umidade relativa do ar possui correlação positiva com a severidade da doença no terço mediano do ciclo da cultura (entre 43 e 57 dias após a emergência). Já as altas temperaturas e a pouca pluviosidade tendem a desfavorecer o fungo. Temperaturas elevadas, acima de 28 °C tendem a diminuir o número e o tamanho das lesões. Neste caso, pode haver danos na estrutura e fisiologia de conídios e apressórios, reprimindo o crescimento do fungo, de forma que, acima de 33 °C, pode não haver infecção (DALLA PRIA; AMORIM; BERGAMIN FILHO, 2003a; GARCIA et al., 2007; RAHE; KUAE, 1970).

De acordo com Dalla Pria, Amorim e Bergamin Filho (2003a), a temperatura ótima para o desenvolvimento da antracnose está em torno de 17°C, e as temperaturas mínima e máxima, respectivamente, 6 e 33 °C. O período de incubação diminui com o aumento da temperatura até 25 °C. Períodos de molhamento entre 18 e 24 horas proporcionam acentuado aumento de severidade da doença, sendo que um período mínimo de 6 horas de molhamento foliar é necessário para o surgimento dos sintomas da doença. Os autores observaram que a máxima severidade da doença ocorreu na faixa entre 17 a 21 °C e com 24 horas de molhamento foliar.

Outra doença muito importante nos sistemas de produção de feijoeiro é a mancha-angular, cujo agente causal é o fungo *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & U. Braun. Esta foi considerada uma doença secundária por muito tempo, no entanto, passou a ganhar importância a partir do início dos anos 1990, e atualmente é uma das mais importantes enfermidades do feijoeiro nas regiões tropicais e subtropicais, podendo provocar perdas de até 80% (DALLA

PRIA et al., 1999; SARTORATO et al., 1991; STENGLLEIN et al., 2003). Além dos danos diretos, essa doença pode provocar depreciação dos grãos mediante a perda de qualidade física do produto.

De acordo com Dalla Pria, Amorim e Bergamin Filho (2003b), a fonte de inóculo primário do patógeno inclui sementes contaminadas e restos de plantas infetadas. O patógeno pode sobreviver em restos culturais por mais de 19 meses, e cerca de 9 a 12 meses em sementes. Os esporos são disseminados para as folhas pela ação do vento, respingos de chuva, ou ambos; os conídios germinam na superfície foliar, e as hifas penetram através dos estômatos. O micélio se desenvolve na cavidade subestomática, colonizando o espaço intercelular entre o parênquima paliçádico; aproximadamente nove dias após a infecção, o patógeno coloniza extensivamente o parênquima foliar, ocasionando as lesões (LIEBENBERG; PRETORIUS, 1997). A doença se manifesta em toda parte aérea da planta e os sintomas mais característicos aparecem nas folhas e vagens, podendo ocorrer, em menor proporção, lesões nos caules, ramos e pecíolos (LIEBENBERG; PRETORIUS, 1997). Segundo Silva et al. (2007), as lesões foliares variam de cinza-escuro a marrom, sendo delimitadas pelas nervuras, o que lhe proporciona aspecto angular. Com o agravamento dos sintomas, as lesões podem coalescer, levando ao amarelecimento e queda prematura das folhas. Nas vagens a doença se manifesta na forma de lesões circulares castanho-avermelhadas. Ramalho et al. (2007) estudaram a reação de diferentes linhagens de feijoeiro à mancha-angular, em diversos ambientes, e observaram um decréscimo de produtividade da ordem de $95,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ para cada incremento de uma unidade na nota de severidade (em uma escala de 1 a 9).

A máxima severidade de mancha-angular ocorre na faixa entre 20 e 25°C, havendo um menor período de incubação a 25 °C. O período de incubação tende a se prolongar em temperaturas abaixo e acima dessa faixa, devido a um menor desenvolvimento da doença, sendo que abaixo de 6 °C e acima de 29 °C,

não há manifestação da mesma. Para o início do processo infeccioso, são requeridos períodos de molhamento foliar superiores a seis horas (DALLA PRIA; AMORIM; BERGAMIN FILHO, 2003b). Em campo, a maior ocorrência da doença é observada em plantios da segunda safra, feitos em meados de março (RAMALHO et al., 2007).

As estratégias de controle de mancha-angular assemelham-se às recomendadas para a antracnose, destacando-se o uso de sementes sadias, rotação de culturas, controle químico e emprego de cultivares resistentes (STENGLEIN et al., 2003). Para o controle químico dessas doenças são empregados principalmente fungicidas pertencentes aos grupos dos triazóis, benzimidazóis e estrobilurinas, além de hidróxido de fentina.

Jasper (2010) estudou comparativamente diferentes grupos de fungicidas no controle de doenças do feijoeiro. O autor constatou melhor controle das enfermidades da cultura com os princípios ativos piraclostrobina, hidróxido de fentina e tebuconazol (em três aplicações), e clorotalonil (seis aplicações). Para mancha-angular foi constatada uma menor eficiência dos fungicidas à base de estrobilurina (azoxstrobina e piraclostrobina) quando comparados aos triazóis (tebuconazol, difenoconazol e metconazol), hidróxido de fentina e clorotalonil. Os diferentes grupos de fungicidas foram mais eficientes em três ou mais aplicações do que em duas.

2.3 Indutores de resistência

Embora as plantas superiores não possuam um sistema imunológico tal como nos animais, elas são dotadas de um sistema inato de defesa contra os patógenos, constituído por um aparato de defesa estrutural e bioquímico que garante sua proteção (CAVALCANTI; PEREIRA; RIBEIRO JÚNIOR, 2014). Algumas estruturas citológicas, a exemplo da parede celular, constituem

obstáculos à infecção por fungos, desempenhando importante papel na resistência a doenças. Da mesma forma, alguns metabolitos, tóxicos ou potencialmente tóxicos, podem ser sintetizados ou modificados no tecido vegetal no início do processo infeccioso (AHUJA; KISSEM; BONES, 2012; MA; YAMAJI, 2006). Esses mesmos mecanismos que conferem resistência aos fitopatógenos, podem ser desencadeados por estímulos químicos, e são conhecidos como indução de resistência.

De acordo com Dallagnol et al. (2006), a indução de resistência em plantas pode ser definida como a capacidade da planta em se defender contra fitopatógenos, após um estímulo apropriado. Isso envolve a ativação de mecanismos de defesa latentes, existentes nas plantas em resposta ao tratamento com agentes elicitores, os quais são capazes de ativar mecanismos de defesa na planta, protegendo-a contra infecções subsequentes por patógenos (STANGARLIN et al., 1999). Dessa forma, indutores de resistência são substâncias químicas que incitam respostas morfofisiológicas do organismo vegetal responsáveis por essa resistência. Esse tipo de resistência não possui caráter específico e se expressa por toda a planta, sendo chamada de “resistência sistêmica adquirida” (SAR) (DALLAGNOL et al., 2006). De acordo com Van Loon et al. (2001) essa não especificidade propicia aumento no nível de resistência basal para muitos agentes patogênicos, o que pode ser benéfico sob condição de campo, onde podem estar presentes múltiplos patógenos.

Segundo Ryals et al. (1996), a indução de SAR acarreta restrição do crescimento de fitopatógenos, diminuindo ou suprimindo os sintomas das doenças. A ativação dos mecanismos de resistência das plantas está associada à expressão coordenada de um conjunto de genes de defesa. De acordo com Cavalcanti, Pereira e Ribeiro Júnior (2014), uma resposta de SAR é caracterizada principalmente pela expressão de genes relacionados à patogênese, que codificam PR-proteínas, muitas das quais manifestam atividade antifúngica

direta, a exemplo de quitinases, ou podem estar envolvidas em outro tipo de processo de defesa celular.

Moléculas de origem biótica ou abiótica, capazes de estimular qualquer resposta de defesa nas plantas, são conhecidas como elicitores (SMITH, 1996). De acordo com Boller e Felix (2009) e Cavalcanti et al. (2007), as moléculas elicitoras de indução de resistência possuem natureza diversa, o que inclui glicoproteínas, peptídeos, glicolipídeos e oligossacarídeos presentes em fragmentos de parede celular, os quais podem ser encontrados em extratos de tecido vegetal lesionado ou em filtrados fúngicos. Da mesma forma, inúmeros trabalhos de pesquisa evidenciaram a ativação da SAR por meio de substâncias variadas, dentre estas o fosfito (DALIO et al., 2012), o silício (RODRIGUES; RESENDE, 2010) e o acibenzolar-S-metil (DALLAGNOL et al., 2006). A variada natureza química dos elicitores demonstra que não há uma característica estrutural única que determine sua atividade (BONALDO et al., 2004).

O desenvolvimento de estudos com indução de resistência em plantas está ligado à descoberta de um análogo funcional do ácido salicílico, o acibenzolar-S-metil (ASM), o primeiro representante dessa nova categoria de produtos utilizados na proteção de plantas, chamados de ativadores de plantas ou indutores de resistência (DALLAGNOL et al., 2006; KNIGHT et al., 1997). De acordo com Kessmann et al. (1995), o ácido salicílico promove nas células das plantas a produção de proteínas específicas relacionadas à patogênese, tais como β ,1-3 glucanase e quitinase, que são capazes de degradar a parede celular de fungos fitopatogênicos. De maneira semelhante, alguns estudos têm demonstrado que o ASM é capaz de interferir nos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, como a síntese de proteínas, podendo ativar a resistência sistêmica aos agentes patogênicos (SOARES; MARINGONI; LIMA, 2004). Por ser uma das primeiras moléculas estudadas como indutora de resistência, diversos trabalhos utilizaram o ASM como

tratamento testemunha para comparação de controle de doenças e indução da atividade de determinadas enzimas.

Cavalcanti et al. (2006) avaliaram a eficiência da pulverização foliar de ASM em tomateiro na proteção contra *Xantomonas vesicatoria*, bem como a ativação de algumas respostas bioquímicas de defesa da planta. O ASM proporcionou 47,7% de proteção quando comparado à testemunha, além de conferir um aumento significativo da atividade de peroxidases 4 horas após sua pulverização (HAP). Em intervalos de tempo maiores (entre 3 e 12 dias após a pulverização do indutor), a atividade de peroxidases e polifenoloxidasas, em plantas pulverizadas e inoculadas, sofreu um abrupto incremento de seus valores, algo em torno de 3 vezes o observado nos intervalos de 4 a 48 HAP nas plantas controle. Soares, Maringoni e Lima (2004) também relataram uma maior atividade de peroxidase em plantas de feijão pulverizadas com o indutor, tanto na folha, como no caule. Quanto ao controle de doenças, na cultura da soja, plantas pulverizadas com ASM apresentaram maior período de incubação e período latente da ferrugem asiática, além de redução no número de urédias.cm² nas folhas (CRUZ et al., 2014)

Extratos aquosos de plantas medicinais, quando pulverizados, podem ativar mecanismos de defesa em plantas, pela ação de compostos secundários neles presentes. Bonaldo et al. (2004), estudando o efeito de extrato aquoso (EA) de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) em interações planta-patógeno, observaram indução da síntese de fitoalexinas pelo uso dos extratos, e potencial para induzir resistência em pepino contra *Colletotrichum lagenarium*. Segundo os autores, nas concentrações de 20% e 1% do EA autoclavado, houve inibição total na germinação de esporos e na formação de apressórios de *C. lagenarium*, respectivamente. Extrato de casca de café (ECC) e óleo essencial de tomilho (OET) foram avaliados como alternativas para o manejo da cercosporiose do cafeeiro por Pereira et al. (2008) e, de acordo com os autores, o ECC inibiu o

crescimento micelial do patógeno de modo proporcional ao aumento de sua concentração, enquanto o óleo essencial de tomilho apresentou atividade fungitóxica, inibindo tanto a germinação de esporos, como o crescimento micelial. Em casa de vegetação, o ECC, em uma concentração de 116 g.L^{-1} , foi responsável por uma redução de 35% na área abaixo da curva de progresso do número de lesões de cercosporiose, em relação à testemunha.

Diversos trabalhos têm demonstrado a eficiência de extratos fúngicos como indutores de resistência. A indução de resistência à mancha-angular em feijoeiro por extratos de micélio de *Pycnoporus sanguineus* foi estudada por Viecelli et al. (2010). Esses autores observaram o controle da enfermidade pelo extrato fúngico, por meio de sua atividade antimicrobiana *in vitro*, bem como pela indução de enzimas de defesa, como peroxidase e polifenoloxidase. O extrato fúngico reduziu em 100% o crescimento micelial e a esporulação do fungo *in vitro*, não diferindo estatisticamente da testemunha com fungicida. A severidade da doença reduziu em 81 e 93%, respectivamente, na 3ª e 4ª folhas de plantas de feijoeiro cultivadas em casa de vegetação, quando comparadas às plantas tratadas com extrato de *P. sanguineus* e à testemunha com água.

Entre o grupo de substâncias estudadas como indutoras de resistência, os fosfitos se destacam por serem de uso amplo na agricultura, embora sua aplicação seja consagrada como fertilizante foliar. Essas substâncias são sais resultantes da neutralização do ácido fosforoso com uma base, a exemplo dos hidróxidos de sódio ou potássio. Segundo Dalio et al. (2012) essas substâncias possuem modo de ação duplo no controle de doenças, podendo agir de forma direta sobre os patógenos ou, indiretamente, induzindo respostas de defesa. De rápida absorção, o fosfito é responsável por induzir a síntese de alguns compostos do metabolismo secundário das plantas, como fitoalexinas e compostos fenólicos simples, os quais estão relacionados aos mecanismos de defesa dos vegetais (DANIEL; GUEST, 2006). De acordo com King et al.

(2010), os fosfitos podem atuar diretamente sobre os fungos por danificar estruturas celulares, comprometendo sua morfologia, fisiologia e esporulação, causando interferências no processo de parasitismo. Resultados positivos com o uso desta substância foram descritos no controle de doenças associadas a fungos da classe dos oomycetos, a exemplo de *Phytium* spp., *Phytophthora* spp. e *Peronospora* sp. (MENEGETTI, 2009).

O uso de fosfitos é comum nos programas fitossanitários de culturas olerícolas e frutíferas por apresentarem baixa toxicidade e custo atraente. Buffara et al. (2013) estudaram a atividade de fosfito de potássio na pré e pós-infecção de *Phakopsora euvitidis* em folhas de videira. Os autores observaram reduções de 25 a 64% nos sintomas da doença para diferentes doses de fosfito aplicadas em pré-infecção quando comparadas à testemunha. Quando comparado ao tratamento com tebuconazol, o fosfito de potássio reduziu a doença em aproximadamente 50%.

Na cultura do tomateiro o uso de fosfito foi avaliado quanto ao controle de *Phytophthora infestans* e de bacterioses. Tófoli, Mello e Domingues (2012), estudando o controle *P. infestans* pelo uso de fosfito de potássio, observaram redução de 48% no número de frutos doentes e aumento de produtividade de 68%, em relação à testemunha. Diversas formulações comerciais de fosfito também foram estudadas na cultura do tomateiro por Nascimento et al. (2008), avaliando-se a produtividade, além de severidade e incidência de *Phytophthora infestans*, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* e *Erwinia* spp. Esses autores observaram tendência à redução de mancha bacteriana (*Xanthomonas* sp.) nos tratamentos que receberam fosfito, além de redução significativa na incidência de *Erwinia* spp. em mudas transplantadas, para uma das sete fontes avaliadas. Não houve efeito dos tratamentos sobre a produtividade.

Apesar dos resultados promissores com uso de fosfito em algumas culturas, sua performance não é a mesma para diferentes patossistemas. Na

cultura do cacauero, Ribeiro Júnior et al. (2006) não observaram redução da severidade da murcha-de-verticillium pelo uso de fosfito, embora ele tenha apresentado efeito fungitóxico, inibindo a germinação de conídios de *V. dahliae*. Não houve aumento da atividade das enzimas peroxidases e polifenoloxidasas pela aplicação de fosfito de potássio ($1,25 \text{ mL.L}^{-1}$) em mudas de cacauero. De maneira semelhante, Menegheti et al. (2009) constataram que o fosfito não foi capaz de induzir a expressão de mecanismos de defesa em plantas de soja e não observaram qualquer redução na severidade, no número de pústulas. cm^{-2} e na área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD) para a ferrugem asiática.

A necessidade de se desenvolver outras formas de controle de doenças em plantas faz dos compostos indutores de resistência uma alternativa técnica para o manejo dos fitopatógenos. Ademais, há a necessidade de se aprimorarem os estudos sobre esses compostos, de forma a estender seu uso para as mais diversas culturas, a exemplo do feijoeiro comum. Nesse contexto, no presente trabalho tem-se como objetivo avaliar a eficiência de diferentes compostos indutores de resistência no controle da antracnose e da mancha-angular, bem como sua influência sobre o desempenho produtivo do feijoeiro.

2.4 Silício e a resistência das plantas às doenças

Diversos estudos foram realizados a fim de se conhecer os mecanismos pelos quais o silício atua na resistência das plantas à infecção por patógenos, e sobre suas bases fisiológicas. Segundo Crusciol et al. (2013), essa resistência está relacionada aos efeitos físicos e bioquímicos que o silício provoca no organismo vegetal, a exemplo da formação de barreiras físicas (aumento da espessura da cutícula, maior deposição de lignina nos tecidos) e de substâncias de defesa (fitoalexinas). Epstein (1994) relata que a forma com que o silício se acumula nas plantas determina a formação de barreiras físicas em seus tecidos.

De acordo com este autor, em seu movimento ascendente via apoplasto (das raízes para as folhas), o silício sofre polimerização nos espaços extracelulares das paredes das células epidérmicas, das folhas e dos vasos do xilema, fortificando essas estruturas.

Os resultados da suplementação com silício incitando a formação de barreiras mecânicas ao progresso de doenças têm sido relatados nas mais diversas culturas, incluindo videira, café, soja e feijão. Bowen, Menzies e Ehret (1992) observaram redução da severidade de míldio pulverulento em videira com a aplicação foliar de silicato de potássio, devido à formação de uma barreira física relacionada à polimerização do silicato na superfície foliar. Além disso, segundo esses autores, o movimento lateral do silício e sua deposição dentro da folha, impediu a germinação e a penetração do patógeno. Na cultura da soja, plantas suplementadas com silício em solução nutritiva apresentaram camada de cera epicuticular mais desenvolvida que aquela de plantas não supridas com esse elemento, o que pode interferir na germinação de uredinósporos de *Phakopsora pachyrhizi*, pois a cera impede a formação de um filme de água no limbo foliar, indispensável para a germinação e formação do apressório dos esporos do fungo (LIMA et al., 2010). De maneira semelhante, plantas de feijoeiro tratadas com silício ($1,89 \text{ g.kg}^{-1}$ de silício) apresentaram a formação de uma barreira estrutural nas folhas, o que foi constatado por meio de imagens de cinzas (espodograma), na forma de maior acúmulo de silício nas nervuras de folhas tratadas com o nutriente (MORAES et al., 2009). Contudo, também estudando a cultura do feijoeiro, Moraes et al. (2006), com o auxílio de microscopia eletrônica de varredura, não observaram formação de barreira física, nem acúmulo de silício externamente ao tecido foliar com a aplicação de silicato de cálcio ($1,89 \text{ g.kg}^{-1}$ de SiO_2) em substrato ou silicato de sódio ($1,26 \text{ g.L}^{-1}$ de SiO_2) via foliar, embora o elemento tenha contribuído para reduzir a incidência e severidade de antracnose em plantas de feijão. Isso sugere a necessidade de mais estudos para se avaliar a estrutura da parede celular quando se emprega o silício.

A indução de resistência pelo silício também se relaciona a estímulos bioquímicos. Segundo Fawe et al. (2001), o silício pode ter papel ativo na resistência das plantas às doenças, por meio do estímulo de reações de defesa. Entre os mecanismos de defesa potencializados pelo silício, Marschner (1995) cita o acúmulo de lignina, fitoalexinas e compostos fenólicos, e o aumento na atividade de quitinases e peroxidases. Santos Botelho et al. (2005) verificaram, em mudas de café tratadas com silício e inoculadas com *Cercospora coffeicola*, aumento na concentração de lignina nas folhas até a dose de $0,52 \text{ g.kg}^{-1}$ de SiO_2 no substrato. Na cultura da soja, diferentes doses de silício acrescidas à solução nutritiva influenciaram o teor de lignina nas folhas, havendo aumento nos teores deste composto com a elevação de doses até 280 mg.L^{-1} de silício (LIMA et al., 2010).

Guerra et al. (2013), avaliando o efeito do silício sobre a ramulose e os aspectos bioquímicos da resistência do algodoeiro a essa doença, observaram potencialização dos mecanismos de defesa da planta em virtude da aplicação de silício. Observaram também aumento na concentração foliar de silício com a aplicação do elemento, o que aumentou a resistência do algodoeiro à ramulose. De acordo com esses autores, essa maior resistência está relacionada ao aumento da concentração de compostos fenólicos solúveis totais e de derivados da lignina-ácido tioglicólico, bem como à maior atividade das enzimas envolvidas no processo de defesa da planta (peroxidase, polifenoxidase, quitinase e glicanase). Em contrapartida, na cultura da soja, Pereira et al. (2009) não observaram aumento da atividade das enzimas quitinases, β -1,3-glucanases, peroxidases, polifenoloxidasas, lipoxigenases e fenilalanina amônia-liases com a aplicação de silício, mesmo havendo redução da severidade da ferrugem asiática nos tratamentos em que foi feita aplicação do silício na forma de silicato de potássio.

A maioria dos estudos evidencia benefícios do silício no controle de doenças e no desempenho agrônômico para plantas acumuladoras do nutriente, a exemplo do arroz e da cana-de-açúcar. As dicotiledôneas, o que inclui as leguminosas, são

classificadas como não acumuladoras de silício, possuindo baixa capacidade de absorção e translocação do nutriente, bem como baixa concentração do mesmo na matéria seca. À primeira vista, tal comportamento poderia limitar a resposta delas à aplicação de silício. Embora o feijoeiro-comum não seja uma planta acumuladora de silício, Moraes et al. (2006) verificaram maior concentração do mesmo no tecido foliar das plantas suplementadas com o elemento, em comparação com plantas não suplementadas, indicando sua absorção e translocação. Também em feijoeiro, Moraes et al. (2009) observaram aumento linear da concentração foliar de silício com o incremento de doses de silicato de cálcio aplicadas via solo (0 a 1,89 g.kg⁻¹ SiO₂). O aumento das doses de silicato aplicadas no solo provocou um efeito linear negativo de 7% na incidência de antracnose e a maior dose de silício (1,89 g.kg⁻¹) proporcionou a menor incidência da doença.

Já na cultura da soja, Lima et al. (2010) constataram influência de diferentes doses de silício (0 a 280 mg.L⁻¹) aplicadas em solução nutritiva sobre os teores desse nutriente na parte aérea das plantas; houve aumento do teor de silício até a dose de 198 mg.L⁻¹, reduzindo a seguir. De acordo com esses autores, o aumento da dose de silício na solução nutritiva proporcionou uma redução do número de lesões foliares de ferrugem asiática nas plantas de soja. As plantas supridas com 280 mg.L⁻¹ desse nutriente apresentaram do número de lesões 24,3% menor em relação às plantas cultivadas sem a adição de silício. Também Cruz et al. (2012) constataram redução dos sintomas da ferrugem asiática da soja em plantas supridas com silício. Esses autores observaram redução de 27% no número de lesões, 23% no número de urédias fechadas e 60% no número de urédias abertas em plantas cultivadas em solução nutritiva com silício, comparadas às plantas cultivadas na ausência do elemento. Em contrapartida Duarte et al. (2009), avaliando o efeito da aplicação de doses reduzidas de silicato de potássio (1,2; 2,4; 3,6 e 4,8 L.ha⁻¹), não observaram eficiência do elemento no controle da ferrugem asiática da soja. Segundo estes autores, não houve efeito das doses de silício sobre o progresso da ferrugem e sobre a severidade máxima

da ferrugem, bem como sobre a produtividade da cultura. Os tratamentos com aplicação de silício apresentaram resultado que não diferiram da testemunha em que foi pulverizado apenas água.

Crusciol et al. (2013), avaliando o efeito da aplicação de silício, na forma de ácido silícico estabilizado, sobre a nutrição e produtividade das culturas da soja, feijão e amendoim, constataram aumento do número de vagens e da produção de grãos das três culturas. O incremento de produtividade observado foi da ordem de 14, 15 e 9,6%, respectivamente, para as culturas da soja, feijão e amendoim. Os autores associaram os resultados obtidos, entre outros fatores, a capacidade do silício em aumentar a resistência dos cultivos ao ataque de fitopatógenos, reduzindo a severidade das doenças. Teixeira et al. (2008) avaliaram o efeito da aplicação de silício sobre a incidência e severidade de doenças no feijoeiro nas safras das “aguas” e da “seca”. Segundo estes autores, a aplicação foliar de silício aumentou a resistência do feijoeiro às enfermidades. Foi constatada uma redução da severidade de antracnose e mancha-angular na safra das “aguas”, bem como de crestamento bacteriano na “seca”, em virtude da aplicação de silício. Não houve resposta do feijoeiro tratado com silício no tocante à produtividade.

A maior parte dos estudos sobre silício em leguminosas é referente às culturas de soja e feijão, demonstrando, em grande parte dos casos, efeito positivo deste nutriente no controle de enfermidades nessas culturas. Apesar dessa constatação, existe contradição entre os resultados encontrados na literatura quanto à sua influência sobre o desenvolvimento de doenças, além de que, os resultados sobre doses, fontes e modos de aplicação de silício nestas culturas não são conclusivos. Sendo assim, no presente trabalho objetiva-se avaliar a influência de diferentes formas de aplicação, e doses, de silício sobre o desenvolvimento de antracnose e o desempenho produtivo do feijoeiro.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento 1 em casa de vegetação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, em Minas Gerais, de junho a julho de 2014. A cidade de Lavras situa-se a uma altitude média de 918 metros, latitude sul de 21°14' e longitude oeste de 45°00'. O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, com quatorze tratamentos e quatro repetições, obedecendo a um arranjo fatorial 2 x 7 com dois níveis de silicato de cálcio (0 e 0,22 g.dm⁻³ de SiO₂) e sete tratamentos foliares (Tabela 1).

Tabela 1 Indutores de resistência e fungicidas utilizados no experimento conduzido em casa de vegetação

Silicato de cálcio	Tratamento Foliar	Dose.L ⁻¹
Com	Silicato de potássio	2 mL
Com	Fosfito de manganês	2,5 g
Com	Sulfato de Manganês	1,44 g
Com	Ortofosfafo protonado	3 mL
Com	ASM ¹	62,5 mg
Com	Fungicida ²	947 mg
Com	Água	-
Sem	Silicato de potássio	2 mL
Sem	Fosfito de manganês	2,5 g
Sem	Sulfato de Manganês	1,44 g
Sem	Ortofosfafo protonado	3 mL
Sem	ASM ²	62,5 mg
Sem	Fungicida ³	947 mg
Sem	Água (testemunha)	-

¹ acibenzolar-S-metil

²Tiofanato metílico + epoxiconazol + piraclostrobina, em mistura

As quantidades de princípio ativo por tratamento foliar estão descritas na Tabela 2. Os tratamentos, em aplicação única, foram feitos quando o feijoeiro

apresentava 3 pares de folhas verdadeiras (estádio V4), o que ocorreu próximo aos 30 dias após a semeadura. A parcela experimental foi constituída por um único vaso com 5 dm³ de volume, preenchido com substrato contendo duas partes de terra de barranco para uma parte de composto orgânico e uma parte de areia, contendo duas plantas passíveis de avaliação.

Tabela 2 Quantidade de ingrediente ativo (i.a.) adicionada por tratamento foliar, na dose utilizada no ensaio em casa de vegetação.

Tratamento	Quantidade de i.a. por tratamento foliar
Silicato de potássio	0,2 g de Si + 0,47 g K ₂ O
Fosfito de manganês	1,5 g de P ₂ O ₅ + 0,53 g de Mn
Sulfato de Manganês	0,53 g de Mn
Ortofostafo protonado	3,42 g de P ₂ O ₅ + 0,49 g de K ₂ O
ASM	62,5 mg
Tiofanato M. + expoxiconazol + piraclostrobrina	490 mg + 332 mg + 125 mg

Antes da instalação do experimento foi retirada uma amostra do substrato utilizado para análise (Tabela 3). De posse do laudo de análise química, foram calculadas as doses de fertilizantes: 100 mg.dm⁻³ de N, 66 mg.dm⁻³ P e 86 mg.dm⁻³ de K (MALAVOLTA, 1980). A adubação nitrogenada foi parcelada em três aplicações até o florescimento. Foram aplicados 882 mg.dm⁻³ de calcário (28,35% de Ca) nas parcelas que não receberam silicato de cálcio, como forma de nivelar os níveis de cálcio entre os diferentes tratamentos. O silicato de cálcio e o calcário foram incorporados ao solo, o qual foi irrigado até 60% de sua capacidade de campo e incubado por 30 dias.

Tabela 3 Atributos químicos dos solos utilizados no experimento 1 (Substrato) e no experimento 2 (Lambari e Luminárias)¹.

Atributos	Substrato	Lambari	Luminárias
pH em água	5,80	6,30	6,12
PMerlich-1 (mg/dm ³)	26,05	2,30	1,53
K (mg/dm ³)	264,00	96,00	23,56
Ca ²⁺ (cmolc/dm ³)	3,40	3,20	2,43
Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)	1,20	1,20	0,98
Al ³⁺ (cmolc/dm ³)	0,00	0,00	0,04
H+Al (cmolc/dm ³)	1,86	2,08	1,99
SB (cmolc/dm ³)	5,28	4,65	3,47
(t) (cmolc/dm ³)	5,28	4,65	3,52
(T) (cmolc/dm ³)	7,14	6,73	5,46
V %	73,91	69,04	61,91
m %	0,00	0,00	2,31
MO (dag/kg)	3,14	2,48	2,70
P-rem (mg/L)	3,07	15,49	-
Zn(mg/dm ³)	4,72	3,24	5,20
Fe (mg/dm ³)	41,03	61,66	99,00
Mn (mg/dm ³)	38,08	123,12	22,00
Cu (mg/dm ³)	1,01	3,19	0,90
B (mg/dm ³)	0,86	0,31	0,29
S (mg/dm ³)	18,26	3,32	9,67

¹ Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo, Departamento de Ciência do Solo da UFLA, 2015.

Sementes de feijoeiro comum da cultivar Pérola, considerada susceptível à antracnose (MELO et al., 2008), foram semeadas em um total de cinco sementes por vaso. Sete dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando-se duas plântulas mais vigorosas por vaso.

No estágio V4 (3ª folha trifoliolada), 5 dias após a aplicação dos tratamentos foliares, as plantas foram inoculadas com uma suspensão contendo conídios de *Colletotrichum lindemuthianum* raça 65, uma das mais comuns nas principais regiões produtoras de feijão (SILVA, 2004), utilizando um pulverizador manual com capacidade de 0,5 L de solução, até o ponto de escorrimento. Após a inoculação, os vasos foram cobertos individualmente com saco plástico por 14 horas, a fim de estabelecer condições favoráveis à infecção pelo patógeno.

Para obtenção do inóculo foi utilizada cultura pura de *Colletotrichum lindemuthianum*, raça 65, proveniente do Departamento de Biologia da UFLA, multiplicado em vagens de feijoeiro, em tubos de ensaio contendo meio de cultura M3 e mantidos em BOD a $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, visando à produção abundante de conídios. Após o crescimento micelial, foi adicionada água destilada nos tubos para obtenção da suspensão de conídios. A concentração da suspensão de conídios foi determinada mediante o emprego de hemacitômetro (câmara de Neubauer) ajustando-se a concentração final para $1,2 \times 10^6$ conídios por mL (MELO et al., 2008).

O controle de insetos praga foi realizado com a aplicação de inseticida à base de imidacloprido ($0,37\text{ g.L}^{-1}$) e beta-ciflutrina ($0,05\text{ g.L}^{-1}$) no pleno florescimento. As plantas daninhas foram sistematicamente controladas de forma manual. Os vasos foram irrigados periodicamente através de micro aspersor, a fim de atender às necessidades hídricas do feijoeiro.

Foram realizadas as seguintes avaliações: incidência e severidade de antracnose, determinadas do pré-florescimento (estádio R5) ao início do enchimento de grãos (estádio R8); análise nutricional de planta por ocasião da floração (estádio R6); peso seco de parte aérea e altura de planta, determinadas no início do enchimento de grãos (estádio R8); e área lesionada total, determinada no início do enchimento de grãos (estádio R8).

A incidência e a severidade da antracnose foram avaliadas semanalmente após a inoculação, em um total de 6 avaliações. A incidência foi avaliada pela porcentagem de folíolos com sintomas de antracnose na parcela. A severidade da antracnose na parcela foi avaliada com a escala diagramática proposta por Schoonhoven e Pastor-Corrales (1987). Após o término das avaliações, os dados de incidência e de severidade foram integrados ao longo do tempo para a obtenção da área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI), e da área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) para antracnose, segundo Shaner e Finney (1977).

Amostras de tecido vegetal foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Para determinar os teores de Si foi utilizada a metodologia proposta por Elliott e Snyder (1991).

Folhas com sintomas da doença foram digitalizadas em 'scanner' de mesa e, posteriormente, com auxílio do programa QUANT® (VALE et al., 2003), foi determinada a área lesionada total.

3.2 Experimento em campo

O experimento de campo foi conduzido no Campo Experimental da EPAMIG em Lambari-MG (altitude de média de 986 metros, 21°58' de latitude sul e de 45°20' de longitude oeste, de novembro de 2014 a março de 2015); e na zona rural de Luminárias-MG (altitude média de 957 metros, 21°30' de latitude sul e 44° 54' de longitude oeste) entre março e junho de 2015.

Segundo a classificação de Köpen, o clima de Lambari e Luminárias é classificado como Cwa (subtropical úmido). Como em ambas as localidades não há estações meteorológicas do INMET, os dados de temperaturas máxima e mínima, bem como de pluviosidade, durante a condução dos experimentos foram obtidas nas estações mais próximas, respectivamente, em São Lourenço e Lavras. Essas localidades apresentam a mesma classificação climática que Lambari e Luminárias, além de altitude semelhante.

O delineamento estatístico foi em blocos casualizados, com quatro repetições e arranjo fatorial 2 x 6, envolvendo dois níveis (com e sem aplicação) do fungicida triflotrobina + protioconazol e seis tratamentos foliares: 1.acibenzolar-S-metil (ASM); 2.fosfito de manganês; 3.silicato de potássio; 4.ortofosfato protonado; 5.extrato de casca de café (ECC); e 6. água destilada. As doses dos tratamentos foliares e a

quantidade de ingrediente ativo por dose estão descritas nas Tabelas 4 e 5. Foram realizadas três aplicações de cada tratamento, sendo a primeira realizada quando a cultura apresentava três trifólios expandidos (estádio V4) e as demais, em intervalos de 15 dias.

Tabela 4 Indutores de resistência e fungicidas empregados nos experimentos de campo

Fungicida	Dose	Tratamento Foliar	Dose ¹
Com Fungicida	0,4 L.ha-1	Silicato de potássio	0,4L
Com Fungicida	0,4 L.ha-1	Fosfito de manganês	750 g
Com Fungicida	0,4 L.ha-1	ECC ²	1,6 L
Com Fungicida	0,4 L.ha-1	Ortofostafo protonado	0,25 L
Com Fungicida	0,4 L.ha-1	ASM	0,5 g
Com Fungicida	0,4 L.ha-1	Água	-
Sem Fungicida	0 L.ha-1	Silicato de potássio	0,4L
Sem Fungicida	0 L.ha-1	Fosfito de manganês	750 g
Sem Fungicida	0 L.ha-1	ECC ²	1,6 L
Sem Fungicida	0 L.ha-1	Ortofostafo protonado	0,25 L
Sem Fungicida	0 L.ha-1	ASM	0,5 g
Sem Fungicida	0 L.ha-1	Água (testemunha)	-

¹dose equivalente por hectare

²extrato de casca de café

Tabela 5 Quantidade de ingrediente ativo (i.a.) na dose utilizada no experimento a campo

Tratamento	Quantidade de i.a. por produto
Silicato de potássio	40 g Si + 94 g K ₂ O
Fosfito de manganês	450 g P ₂ O ₅ + 159 g Mn
ortofostafo protonado	285 g P ₂ O ₅ + 40,83 g K ₂ O
ASM	500 mg
Triflotrobina + protioconazol	50 g + 70 g

A parcela experimental foi constituída por seis linhas de 4 m de comprimento, espaçadas de 0,6 m. Como área útil da parcela, foram consideradas as quatro linhas centrais.

Foram semeadas doze sementes.m⁻¹ da cultivar de feijão carioca ‘Pérola’, tratadas com inseticida a base de fipronil (50 g por 100 kg de sementes)

e fungicida a base de piraclostrobina (5 g por 100 kg de sementes) e tiofanato metílico (45 g por 100 kg de sementes).

Antes da instalação do experimento foi encaminhada ao Departamento de Ciência do Solo da UFLA amostra do solo para análise química. De posse dos resultados (Tabela 3), foi definida a adubação do feijoeiro (Tabela 6), conforme o preconizado para a cultura (ALVAREZ et al., 1999).

Tabela 6 Quantidades de nutrientes fornecidas ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) no programa de adubação dos ensaios a campo em Lambari e Luminárias, MG

Local	Semeadura			Cobertura		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	K ₂ O	S
Lambari	30	80	20	80	45	30
Luminárias	20	100	-	117	120 ¹	-

¹dose fornecida a lanço, em área total, antes da sementeira.

O controle de insetos-praga e plantas daninhas foi feito mediante monitoramento, com a aplicação de inseticida a base de clorfenapir ($240 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ aplicados no florescimento pleno e 15 dias após) e herbicida à base de fluazifop e fomesafen ($250 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ de ambos aplicados em V4), conforme Embrapa (2012).

Foram realizadas as seguintes avaliações: severidade de doença determinada do pré-florescimento (estádio R5) ao início do enchimento de grãos (estádio R8); componentes de rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos) e produtividade final ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), determinados por ocasião da colheita.

A severidade de antracnose e mancha-angular foi avaliada semanalmente a partir da primeira aplicação dos tratamentos, totalizando 5 avaliações, com as escalas diagramáticas específicas para cada doença proposta por Schoonhoven e Pastor-Corrales (1987), atribuindo-se uma nota por parcela. Após o término das avaliações, os dados de severidade foram integrados ao

longo do tempo para a obtenção da área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPD) para antracnose e mancha-angular.

Os componentes de rendimento foram obtidos mediante contagem feita em dez plantas retiradas aleatoriamente da parcela útil no momento da colheita e a produtividade final foi estimada por meio da colheita das plantas da área útil, expressando-se os resultados em quilogramas por hectare.

Os dados de cada variável tiveram previamente a normalidade verificada por meio teste de Shapiro Wilk e foram então submetidos à análise de variância (ANAVA) individual pelo teste F. Nos casos de F significativo, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott Knott ao nível de 5 % de probabilidade, exceto para silício no experimento 1 e para fungicida no experimento 2, quando foi utilizado o próprio teste F da ANAVA para distinguir os dois níveis de cada fator. Os experimentos a campo foram ainda submetidos à análise de variância conjunta, de acordo com Pimentel Gomes (2009). As análises estatísticas foram realizadas com o emprego do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento em casa de vegetação

Durante o ensaio a temperatura média oscilou entre 17,4 e 24 °C, com extremos de 9 °C e 32,3 °C (Figura 1), dentro, portanto, dos limites considerados bons para o desenvolvimento da antracnose do feijoeiro por Dalla Pria, Amorim e Bergamin Filho (2003a).

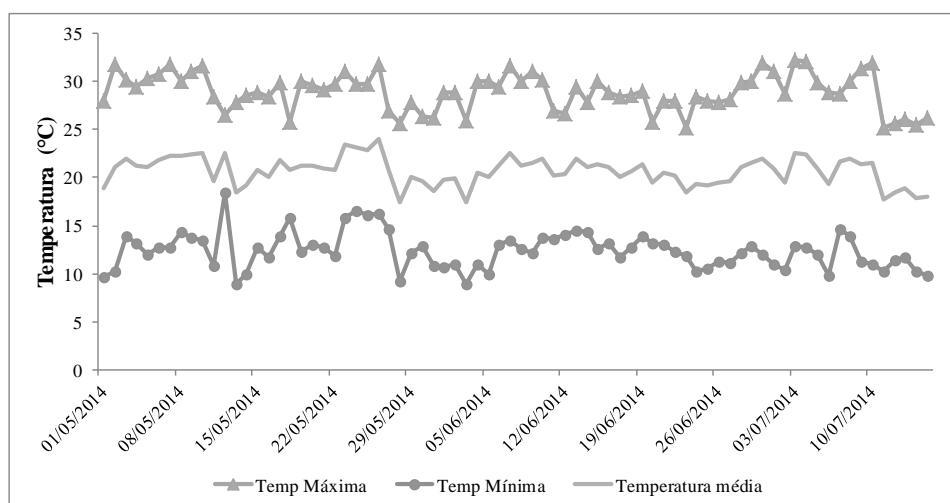


Figura 1 Temperaturas (média, máxima e mínima) registradas em casa de vegetação

No resumo da análise de variância apresentado na Tabela 7 verifica-se que houve efeito significativo do fator 'foliar' sobre as variáveis área abaixo das curvas de progresso da severidade e incidência, área lesionada total, massa seca da parte aérea e altura de plantas, mas não houve significância do fator 'silício' e nem da interação entre os fatores.

Tabela 7 Resumo da análise de variância dos dados relativos à área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e incidência (AACPI), área lesionada total (AL), massa seca da parte aérea (MS) e altura de planta

FV	GL	Quadrados Médios				
		AACPS	AACPI	AL	MS	Altura
Foliar (F)	6	4963,7000**	7,6420**	1,1671**	84,9540**	4393,9000**
Silício(S)	1	9,0000	1,9970	0,0016	0,0010	1089,4000
F x S	6	107,0000	5,4240	0,01250	15,7800	811,9000
Resíduo	42	129,7000	5,3070	0,0061	7,635	489,1000
CV	-	10,33	13,93	9,41	21,35	25,90

Em relação às variáveis relacionadas à análise nutricional (Tabela 8), houve efeito significativo das aplicações foliares (F) sobre os teores de P, K, Fe, Mn, Zn e Si na massa seca da parte aérea; houve efeito significativo do fator 'silício' (S) sobre os teores de N, Mn, Zn e S; a interação F x S foi significativa nos casos dos teores de Fe e Si. A julgar pelos valores do coeficiente de variação (CV%), foi boa a precisão experimental do experimento.

Os valores médios de AACPS, AACPI e área foliar lesionada pela antracnose, bem como de peso seco da parte aérea e altura do feijoeiro, em função dos níveis de silício, estão representados na Tabela 9, em que pode ser constatado que as médias foram muito próximas, confirmando que não houve efeito da suplementação de silicato de cálcio via solo ($0,22 \text{ g.dm}^{-3}$ de SiO_2) sobre o controle da antracnose e sobre o desenvolvimento das plantas de feijoeiro. Esse resultado se contrapõe àqueles obtidos por Moraes et al. (2006), que observaram redução de 15,9% na AACPI e 36,2% na AACPS da antracnose do feijoeiro em plantas suplementadas com até $1,89 \text{ g.dm}^{-3}$ de SiO_2 via solo, e por Moraes et al. (2009), quando o aumento de doses de silicato de cálcio entre 0 e $1,89 \text{ g.dm}^{-3}$ de SiO_2 proporcionou redução linear de 7% na AACPI da antracnose. Pode-se inferir que a dose de silicato de cálcio utilizada no presente estudo ($0,22 \text{ g.dm}^{-3}$ de SiO_2) foi insuficiente para conferir às plantas resistência ao ataque do patógeno. No entanto, vale ressaltar que a escolha da dose considerou apenas aspectos práticos, já que

representa o uso de 2.000 kg.ha⁻¹ de um corretivo comercial à base de silicato de cálcio com 22,4% de SiO₂ em sua composição. Moraes et al. (2009) também não observaram influência do silicato de cálcio sobre o peso seco total de plantas de feijão.

Tabela 8 Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e silício (Si) na parte aérea do feijoeiro

FV	GL	Quadrados Médios				
		N ¹	P	K	Ca	Mg
Foliar (F)	6	5,8080.e ⁻⁸	1,2336*	33,8650**	0,0519	0,0014
Silício (S)	1	4,0232.e ^{-7**}	1,7435	4,7089	< 0,0001	< 0,0001
F*S	6	3,9400.e ⁻⁸	0,1873	5,504	0,0509	0,001
Resíduo	42	5,7555.e ⁻⁷	0,3812	3,293	0,0341	0,0006
CV(%)	-	23,42	13,76	8,28	12,64	5,8
		S	Fe	Mn	Zn	Si
Foliar (A)	6	0,3671	8581,8**	1302,9400**	277,5000**	0,0388**
Silício (B)	1	0,6076	0,1000	418,0100**	9,7667**	0,2286**
A*B	6	0,2553	3126,7000*	18,7400	39,6100	11,4900**
Resíduo	42	0,2553	1137,2	34,5100	58,9100	0,0033
CV(%)	-	9,57	9,71	13,42	12,33	12,78

¹ANAVA com dados transformados em (x¹¹-1)/11

Tabela 9 Valores médios da área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e incidência (AACPI) da antracnose, área lesionada (%), massa seca da parte aérea (g) e altura (cm) de plantas de feijoeiro comum com (Com Si) ou sem (Sem Si) suplementação de silicato de cálcio via solo em casa de vegetação

Tratamento	AACPS	AACPI	Área Lesionada	Massa seca	Altura
Sem Si	110,63	16,72	0,84	12,94	80,96
Com Si	109,82	16,35	0,85	12,95	89,78

Como já mencionado, as variáveis AACPS, AACPI e área lesionada foram influenciadas de forma significativa pelos diferentes tratamentos foliares (Tabela 7). O tratamento fungicida (T1) apresentou AACPS 54,6%

inferior à do tratamento testemunha (T7), enquanto que nos tratamentos ASM (T5), ortofosfato (T6), sulfato de manganês (T4) e fosfito de manganês (T3), a redução média desta variável, em relação à testemunha, foi da ordem de 10,3% (Figura 4).

Em relação à incidência da doença, os tratamentos ASM (T5) e ortofosfato (T6) apresentaram AACPI semelhante à da testemunha, enquanto silicato de potássio (T2), fosfito de manganês (T3) e sulfato de manganês (T4) apresentaram acréscimo da ordem de 9,2%. A menor AACPI foi observada para o tratamento com fungicida (T7), 41,6% menor que a média dos demais tratamentos (Figura 5).

Entre os diferentes indutores de resistência, o menor percentual de área lesionada foi observado nos tratamentos ortofosfato (T6) e fosfito de manganês (T3), seguidos por sulfato de manganês (T4) e ASM (T5). O tratamento com fungicida (T1) não apresentou lesões no terceiro trifólio, tomado como padrão para as leituras de área lesionada (Figura 6); deve ser mencionado, entretanto, que houve o aparecimento de lesões em outras partes da planta.

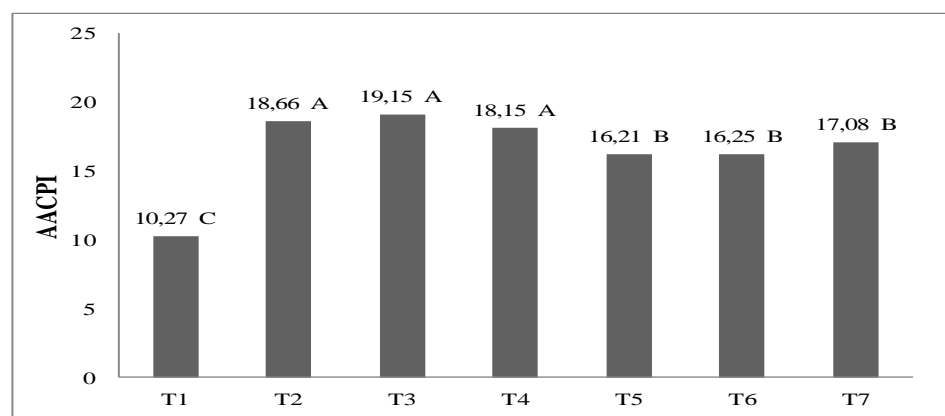


Figura 2 Área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) de antracnose em plantas de feijoeiro comum em casa de vegetação pulverizadas com fungicida e diferentes indutores de resistência. T1 – fungicida; T2 – silicato de potássio; T3 – fosfito de manganês; T4 – sulfato de manganês; T5 – ASM; T6 – ortofosfato; T7 – água. Letras distintas representam médias pertencentes a diferentes agrupamentos pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

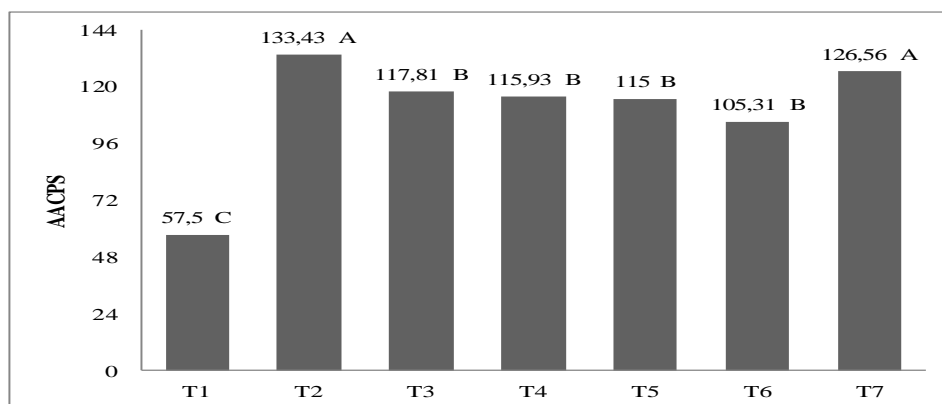


Figura 3 Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) de antracnose em plantas de feijoeiro comum em casa de vegetação, pulverizadas com fungicida e diferentes indutores de resistência. T1 – fungicida; T2 – silicato de potássio; T3 – fosfito de manganês; T4 – sulfato de manganês; T5 – ASM; T6 – ortofosfato; T7 – água. Letras distintas representam médias pertencentes a diferentes agrupamentos pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

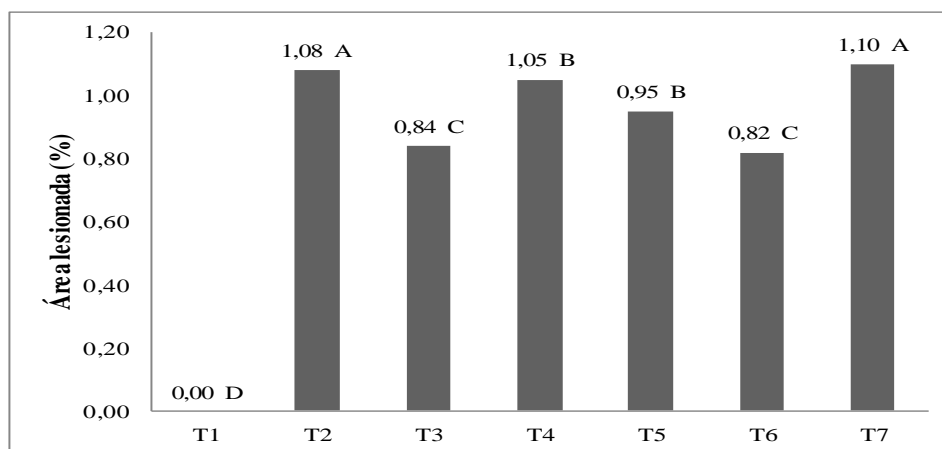


Figura 4 Área lesionada (AL) por antracnose em plantas de feijoeiro comum em casa de vegetação, pulverizadas com fungicida e diferentes indutores de resistência. T1 – fungicida; T2 – silicato de potássio; T3 – fosfito de manganês; T4 – sulfato de manganês; T5 – ASM; T6 – ortofosfato; T7 – água. Letras distintas representam médias pertencentes a diferentes agrupamentos pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

As plantas pulverizadas com fungicida apresentaram menor desenvolvimento vegetativo, com menor acúmulo de peso seco e altura, o que pode estar relacionado a uma possível fitotoxidez provocada pelo tratamento com fungicida. Não foram observadas diferenças quanto a essas variáveis entre os tratamentos com indutores de resistência. Godoy e Canteri (2004) observaram em plantas de soja tratadas com triazóis (difeconazole, epoxiconazole e tebuconazole) diminuição do crescimento, com redução dos internódios, escurecimento e encarquilhamento das folhas, sintomas considerados pelos autores como fitotoxidez provocada pelos fungicidas.

Tabela 10 Valores médios de peso seco da parte aérea (g) e altura (cm) de plantas de feijoeiro comum em casa de vegetação, pulverizadas com fungicida e diferentes indutores de resistência¹

Tratamento	Peso seco	Altura
Fungicida	6,13 B	36,87 B
Silicato de K	14,58 A	92,87 A
Fosfito de Mn	12,21 A	76,25 A
Sulfato de Mn	16,00 A	100,12 A
ASM	13,48 A	86,62 A
Ortofosfato	15,06 A	103,50 A
Água	13,11A	101,37 A

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores médios dos nutrientes no tecido vegetal estão representados na Tabela 11. Os teores de N, Ca, Mg e S não diferiram entre os tratamentos foliares; em contrapartida, houve diferenças quanto aos teores de P, K, Mn e Zn. Também ocorreram diferenças nos teores de N, P, Mn e Zn plantas em função da suplementação de silicato de cálcio no substrato de plantio. Maiores teores de Mn nos tratamentos fosfito de manganês e sulfato de manganês (Tabela 11) já eram esperados, uma vez que são normalmente utilizados como fonte deste nutriente.

A interação entre os fatores ‘silício’ e ‘foliares’ foi significativa para os teores de Fe e Si no tecido vegetal (Tabela 8). Em plantas ‘sem’ suplementação com silicato de cálcio via solo foram observados maiores teores de Fe para os tratamentos silicato de potássio, fosfito de manganês, ASM e ‘água’ (Tabela 12). Já entre as plantas

suplementadas com silicato de cálcio, o teor de Fe foi significativamente inferior apenas no tratamento fungicida. Plantas pulverizadas com fosfito de manganês apresentaram maiores teores de Fe na ausência de silicato de cálcio, enquanto naquelas pulverizadas com sulfato de manganês, os maiores teores de Fe foram observados quando houve o fornecimento de silicato de cálcio via solo (Tabela 12).

Apesar da influência dos fatores 'foliar' e 'silício' sobre os nutrientes N, P, K, Mn, Fe e Zn, os seus teores situaram-se dentro da faixa crítica para macro e micronutrientes no feijoeiro preconizados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e representada na Tabela 13. A faixa crítica de um nutriente diz respeito a uma concentração considerada ideal na massa seca do vegetal, o que significa dizer que não se espera resposta da planta, em crescimento ou desenvolvimento, com o aumento dos teores além dessa faixa. Sendo assim, pode-se considerar que a influência dos fatores estudados sobre os teores de macro e micronutrientes não afeta a nutrição das plantas do feijoeiro, a ponto de ter relevância prática.

A inclusão do tratamento sulfato de manganês entre os indutores de resistência teve o intuito de avaliar a influência do suprimento de manganês via foliar sobre a resistência do feijoeiro ao ataque de antracnose. Também teve o objetivo de auxiliar na interpretação dos resultados obtidos com o fosfito de manganês, buscando isolar o efeito do indutor em relação a algum efeito nutricional deste micronutriente. Com relação ao manganês, Malavolta (2006) enfatiza que, entre todos os micronutrientes, este pode ser o mais importante no desenvolvimento da resistência das plantas a doenças fúngicas, por se tratar de um cofator relevante em reações-chave envolvidas na biossíntese de metabólitos secundários.

O tratamento sulfato de manganês apresentou valores de AACPS e área lesionada que se mostraram 8,4 e 4,5% inferiores, respectivamente, à testemunha, enquanto no tratamento fosfito de manganês essas reduções foram de 6,9 e 23,6%, respectivamente (Figuras 5 e 6). O maior teor de manganês observado no tratamento sulfato de manganês, em relação à testemunha (Tabela 11), sugere que há influência

dos teores deste nutriente no tecido vegetal e o desenvolvimento da antracnose do feijoeiro. Por outro lado, o desempenho ligeiramente superior do fosfito, em relação ao sulfato, no controle da antracnose, indica que há um efeito próprio do indutor sobre a doença. O menor teor de manganês nas plantas tratadas com fosfito, quando comparadas ao sulfato, corrobora esta hipótese.

Tabela 11 Valores médios¹ dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, expressos em g.kg⁻¹, e Mn e Zn, expressos em mg.kg⁻¹, no tecido de plantas de feijoeiro comum pulverizadas com fungicida e diferentes indutores de resistência, e com (Com Si) ou sem (Sem Si) suplementação de silicato de cálcio via solo, em casa de vegetação

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn
Fungicida	41,25	4,12B	20,70B	1,57	0,42	4,94	37,78C	72,85 ^a
Silicato de K	39,06	4,89A	23,63A	1,50	0,45	4,77	39,36C	63,56B
Fosfito de Mn	44,38	4,03B	22,35A	1,40	0,44	4,41	50,48B	59,82B
Sulfato de Mn	40,63	4,06B	18,45C	1,43	0,44	4,64	70,15A	53,45B
ASM	47,00	4,73A	23,71A	1,38	0,45	4,86	38,23C	63,83B
Ortofosfato	38,75	4,73A	20,63B	1,38	0,46	4,94	34,02C	60,62B
Água	43,00	4,83A	23,89A	1,55	0,46	5,02	36,33C	60,85B
Sem Si	46,96A	4,59	22,44A	1,46	0,45	4,84	46,5A	65,49 ^a
Com Si	37,05B	4,39	21,38B	1,46	0,45	4,75	41,03B	59,00B

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12 Valores médios¹ dos teores de Fe e Si, expressos em mg.kg⁻¹, no tecido de plantas de feijoeiro comum pulverizadas com fungicida e diferentes indutores de resistência, e com (Com Si) ou sem (Sem Si) suplementação de silicato de cálcio via solo, em casa de vegetação

Tratamento	Fe		Si	
	Sem Si	Com Si	Sem Si	Com Si
Fungicida	284,12 Ab	265,62 Ab	323,25 Bb	473,00 Ab
Silicato de K	363,70 Aa	370,00 Aa	403,25 Ba	732,00 Aa
Fosfito de Mn	396,82 Aa	325,65 Ba	329,25 Bb	428,50 Ab
Sulfato de Mn	328,40 Bb	381,45 Aa	476,25 Aa	439,75 Ab
ASM	368,17 Aa	355,92 Aa	368,75 Bb	648,00 Aa
Ortofosfato	335,87 Ab	353,03 Aa	461,50 Aa	443,75 Ab
Água	352,67 Aa	378,70 Aa	340,50 Bb	432,25 Ab

¹Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação aos teores de Si, na ausência de silicato de cálcio foi observado maior teor do elemento com os tratamentos silicato de potássio, sulfato de manganês e ortofosfato. Quando houve fornecimento de silicato de cálcio via solo, os tratamentos silicato de potássio e ASM apresentaram teores de silício superiores aos demais. Os aumentos dos teores de Si no tecido vegetal, em decorrência de seu suprimento, variaram de 26,94%, no tratamento ‘água’, até 81,52% no tratamento com silicato de potássio. Apenas os tratamentos sulfato de manganês e ortofosfato não apresentaram aumento nos teores de silício com o suprimento deste elemento via solo (Tabela 12). Ao contrário do que ocorre com macro e micronutrientes, são escassas as referências para níveis críticos de silício no tecido vegetal para plantas não acumuladoras, a exemplo do feijoeiro comum. O fato do silício não ser um elemento essencial e a escassez de valores de referência dificultam a interpretação dos níveis de silício no tecido vegetal. A ausência de efeito da suplementação com silicato de cálcio via solo sobre AACPD, AACPI, massa seca e altura de plantas (Tabela 9) indica não haver relação entre as concentrações de silício observadas e o controle de antracnose e crescimento das plantas de feijoeiro.

Tabela 13 Faixas críticas de macro e micronutrientes para a cultura do feijoeiro comum de acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997)

N	P	K	Fe	Mn	Zn
	g.kg-1			mg.kg-1	
30 - 50	02/mar	20 - 25	100 - 450	30 - 300	20 - 100

4.2 Experimentos a campo

Um resumo da análise de variância dos experimentos em Lambari e Luminárias é representado nas Tabelas 14 e 15, onde se verifica que, baseado nos valores do coeficiente de variação, foi boa a precisão

experimental. Em relação ao rendimento de grãos e seus componentes primários, houve efeito significativo do fator ‘local’ sobre todas as variáveis. O fator ‘fungicida’ mostrou-se significativo no caso das variáveis ‘peso de 100 grãos’ e ‘produtividade’. Houve efeito significativo da interação ‘fungicida’ x ‘indutor’ sobre o rendimento de grãos, enquanto o fator ‘indutor’, isoladamente, não apresentou efeito significativo sobre nenhuma das variáveis (Tabela 14).

As variáveis AACPS e AACPI de antracnose e mancha-angular foram significativamente influenciadas pelo fator ‘fungicida’ no experimento de Luminárias e, neste local, houve efeito significativo do fator ‘indutor’ apenas sobre a variável AACPI de antracnose (Tabela 15). A ocorrência e o progresso de doenças em Lambari durante a época de avaliação dos experimentos foram insuficientes para a composição das variáveis AACPS e AACPI.

Tabela 14 Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos ao rendimento de grãos e seus componentes primários do feijoeiro comum em Lambari e Luminárias, MG

FV	GL	QM			
		Vagens/planta	Grãos/vagem	Peso ¹	Rendimento
Local (A)	1	197,5134**	18,2004**	13,2016*	2249743,2834**
Indutor (B)	5	15,3453	0,2154	1,109	9428,9379
Fungicida (C)	1	0,3384	0,4537	15,6816**	116350,3376*
A*B	5	18,8846	0,1189	1,2589	59347,9349*
A*C	1	31,3959	0,0937	0,0704	17294,0859
B*C	5	19,0551	0,0267	2,5814	31564,8301
A*B*C	5	17,1941	0,2162	0,6031	7463,3989
Bloco	6	16,7332	0,2593	5,8496	29199,7610
Resíduo	66	11,4531	0,1516	1,9312	19910,4049
CV	-	28,41	12,04	5,28	16,26

¹peso de 100 grãos

Tabela 15 Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados relativos às áreas abaixo da curva de progresso de severidade (AACPS) e da incidência (AACPI) de antracnose e mancha-angular do feijoeiro comum em Luminárias, MG

FV	GL	Quadrado médio			
		Antracnose		Mancha-angular	
		AACPS	AACPI ¹	AACPS	AACPI ²
Foliar (A)	5	114,39	0,0564*	83	0,0094
Fungicida (B)	1	622,8000**	0,2608**	8241,2000**	1,4999**
A*B	5	116,6	0,0352	348,4	0,0599
Bloco	3	182,65	0,0354	93,5	0,021
Resíduo	33	69,29	0,0211	247,3	0,0347
CV	-	23,85	23,08	30,78	15,99

¹ANAVA com dados transformados em $(x + 0,05)^{0,25}$

²ANAVA com dados transformados em $(x + 0,05)^{0,25}$

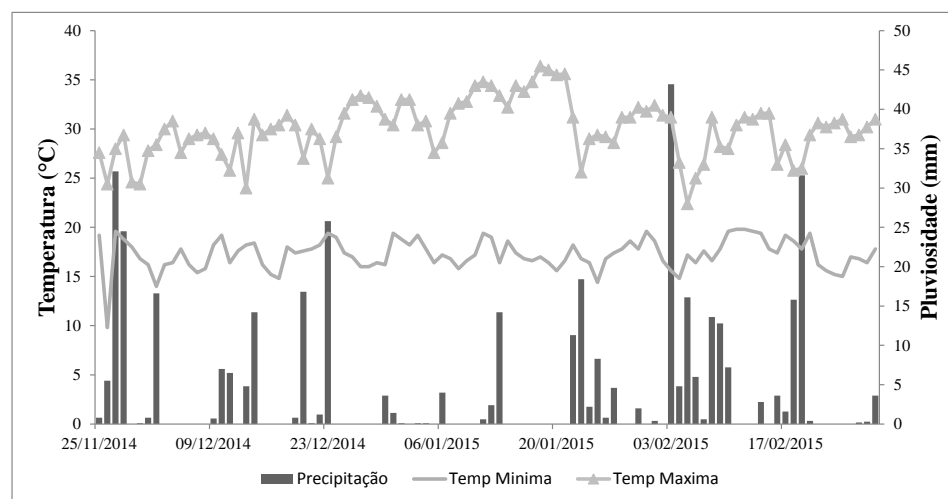


Figura 5 Temperaturas (máxima e mínima) e pluviosidade registradas em São Lourenço durante a execução do experimento em Lambari. Dados tomados do INMET, Estação Meteorológica de São Lourenço, MG

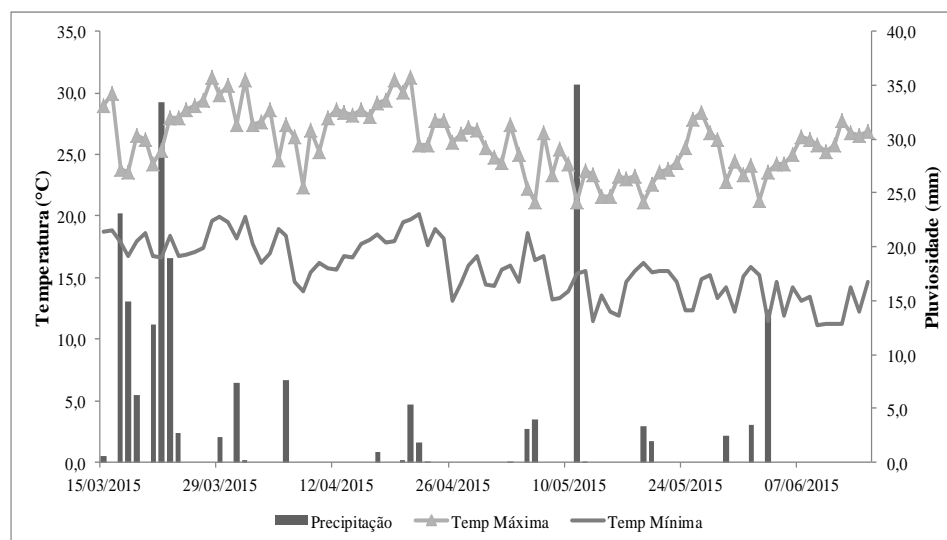


Figura 6 Temperaturas (máxima e mínima) e pluviosidade registradas em Lavras durante a execução do experimento em Luminárias. Dados tomados no INMET, Estação Meteorológica de Lavras, MG

Durante a condução do experimento em Lambari, a precipitação pluvial acumulada foi de 400 mm, com variação das temperaturas máxima e mínima de 22,4 a 36,4 °C e 9,8 a 19,8 °C, respectivamente. A umidade relativa do ar oscilou entre 42 e 92% (Tabela 16). As condições climáticas ocorridas no período foram atípicas para a época (Tabela 17), com precipitação 43,5 % menor e temperatura máxima 1 °C superior à média dos dez últimos anos.

No experimento conduzido em Luminárias houve precipitação acumulada de 207 mm, com variação das temperaturas máxima e mínima de 21,2 a 31,3°C e de 11,1 a 20,2°C, respectivamente. A umidade relativa do ar variou entre 63 e 90% (Tabela 16). As condições climáticas observadas no período foram regulares para este local (Tabela 17).

Tabela 16 Valores médios de precipitação (mm), temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa (%) registrados durante o desenvolvimento vegetativo (estádios V1 a V4), floração (R5 a R6), e da formação de vagens à maturidade fisiológica (R7 a R9) do feijoeiro cultivado em Lambari e Luminárias, MG

Época	Precipitação		Temperatura máx.		Temperatura mín.		UR
	A	B	A	B	A	B	
	Lambari ¹						
V0 a V4	162		24,0 - 33,4		9,8 - 19,6		57 - 92
R5 a R6	30		27,6 - 34,8		15,8 - 19,4		54 - 83
R7 a R9	208		22,4 - 36,4		14,4 - 19,8		42 - 92
	Luminárias ²						
V0 a V4	131		22,4 - 31,3		13,9 - 19,9		68 - 91
R5 a R6	8		24,3 - 31,3		13,1 - 20,2		63 - 86
R7 a R9	68		21,2 - 28,4		11,1 - 18,6		64 - 90

Tabela 17 Valores médios de precipitação (mm) e temperaturas máxima e mínima (°C) para os meses de execução dos experimentos nos últimos 10 anos (A) e durante a realização dos experimentos (B)

Época	Precipitação		Temperatura máx.		Temperatura mín.	
	A	B	A	B	A	B
	Lambari ¹					
Novembro	216,7	172	27,8	29,4	16,1	16,7
Dezembro	278,1	101,1	28,5	29,6	17,4	17
Janeiro	296,4	172	28,4	29,4	17,3	16,7
Fevereiro	176,9	101,1	29,4	29,6	16,8	17
	Luminárias ²					
Março	157,8	181,1	28,9	27,6	18	18,3
Abril	67,7	16,5	27,8	29,7	16,6	18,4
Mai	34,3	50,2	25,3	24,1	13,3	14,5
Junho	22,7	31,5	24,5	24	12,1	12,6

Diversos fatores podem estar relacionados à pequena ocorrência de doenças em Lambari durante as avaliações do experimento. As condições climáticas ocorridas do período (Tabelas 16 e 17), com registro de temperaturas elevadas (acima de 30°C), umidade relativa do ar baixa (inferior a 50%) e com poucos dias com precipitação, podem ter desfavorecido o aparecimento de doenças, especialmente no período entre o florescimento e a formação de vagens, considerado por Garcia et al. (2007) o mais importante para desenvolvimento da antracnose do feijoeiro.

Temperaturas acima de 28 °C podem provocar danos na estrutura e fisiologia de conídios e apressórios, reprimindo o crescimento de *C. lindemuthianum*, podendo ocorrer inibição da infecção pelo fungo aos 33 °C (DALLA PRIA; AMORIM; BERGAMIN FILHO, 2003a; GARCIA et al., 2007).

As avaliações da severidade e da incidência de doenças no experimento em Luminárias estão representadas pelas variáveis AACPS e AACPI de antracnose e mancha-angular, nas Figuras 7 e 8, e 9 e 10 respectivamente. Neste local não houve influência dos indutores de resistência sobre a incidência e a severidade da antracnose e da mancha-angular, nem sobre a incidência de mancha angular. Para essas variáveis, todos os tratamentos com indutores de resistência apresentaram valores, equivalentes aos da testemunha pulverizada apenas com água. Sobre a incidência de antracnose, houve efeito dos tratamentos ortofosfato e ECC, o que resultou em valores de AACPI 26,4% menores que o da testemunha. Os demais tratamentos não diferiram da testemunha quanto à AACPI de antracnose.

O uso de fungicida afetou de forma significativa a incidência e a severidade de antracnose e mancha-angular (Tabela 18). O tratamento com fungicida reduziu em 18,7% e 21,4%, respectivamente, a AACPS e AACPI de antracnose; no caso da mancha-angular essas reduções foram de 40,8% e 35,4%, respectivamente.

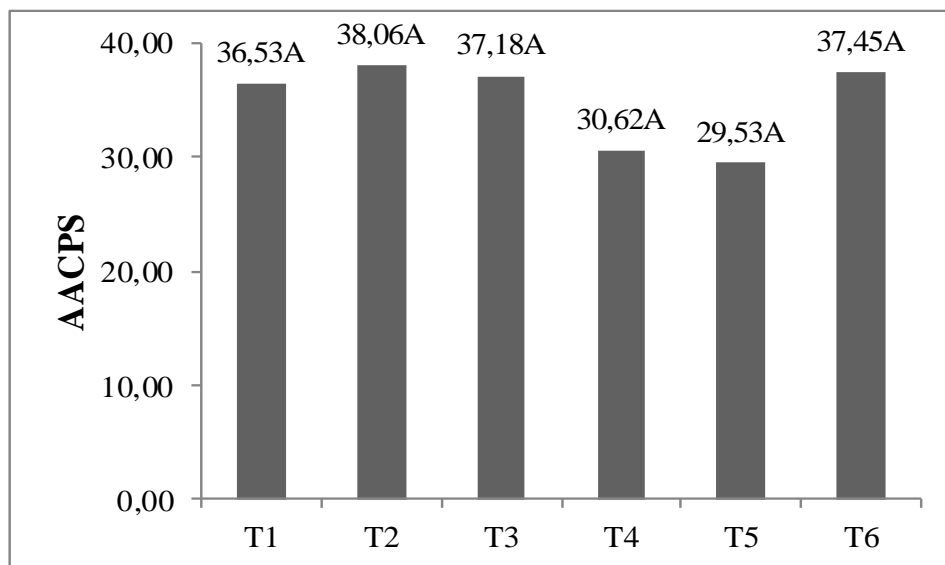


Figura 7 Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) de antracnose em Luminárias, MG, para os tratamentos água (T1), ASM (T2), fosfito de manganês (T3), ECC (T4), ortofosfato (T5) e silicato de potássio (T6)

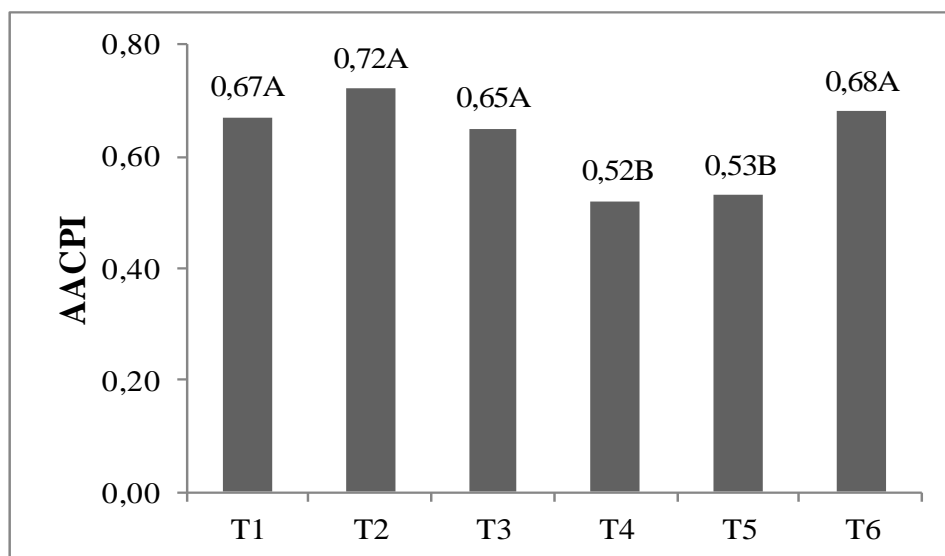


Figura 8 Área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) de antracnose em Luminárias, MG, para os tratamentos água (T1), ASM (T2), fosfito de manganês (T3), ECC (T4), ortofosfato (T5) e silicato de potássio (T6)

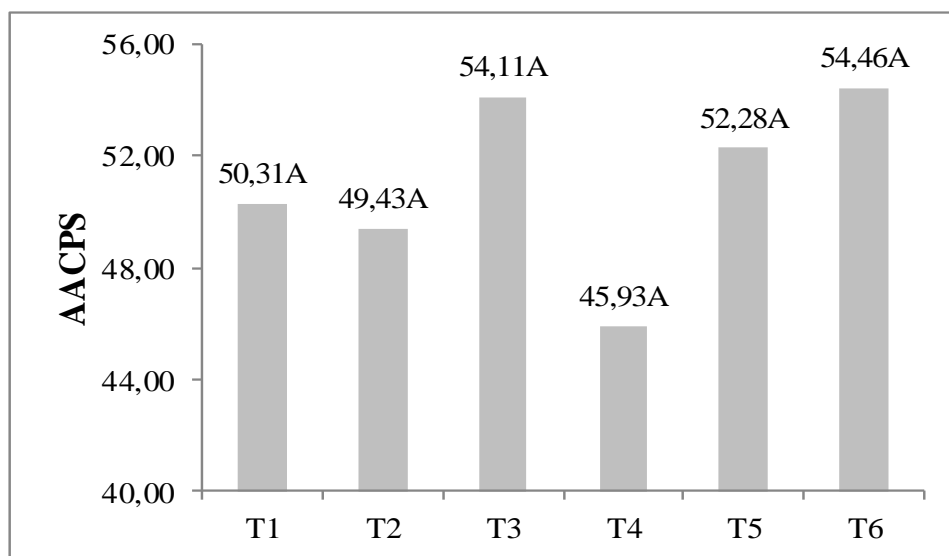


Figura 9 Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) de mancha-angular em Luminárias, MG, para os tratamentos água (T1), ASM (T2), fosfito de manganês (T3), ECC (T4), ortofosfato (T5) e silicato de potássio (T6)

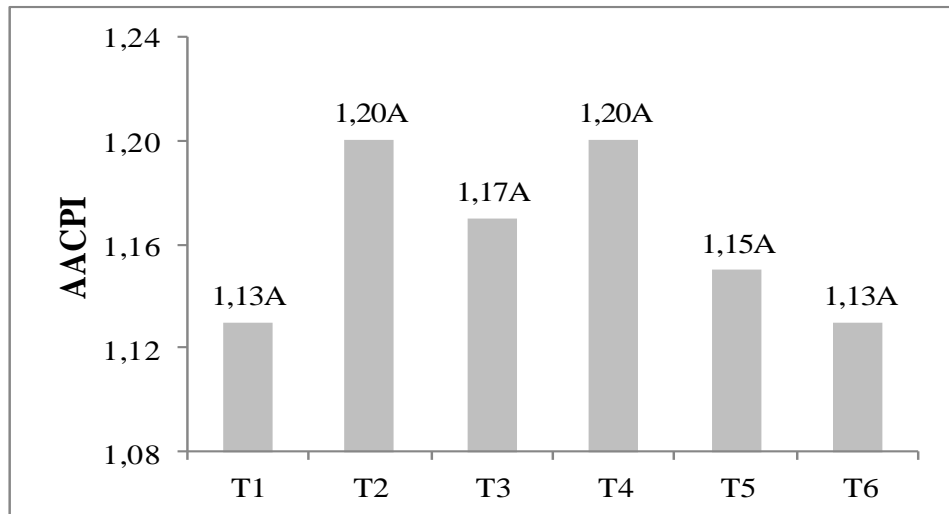


Figura 10 Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e incidência (AACPI) de mancha-angular em Luminárias, MG, para os tratamentos água (T1), ASM (T2), fosfito de manganês (T3), ECC (T4), ortofosfato (T5) e silicato de potássio (T6)

Tabela 18 Valores médios das áreas abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e incidência (AACPI) de antracnose e mancha-angular, em áreas com e sem tratamento com fungicida. Luminárias-MG

Tratamentos	Antracnose		Mancha Angular	
	AACPS	AACPI	AACPS	AACPI
Com fungicida	31,29B	0,55B	37,98B	0,99B
Sem fungicida	38,50A	0,70A	64,19A	1,34A

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores médios dos componentes de rendimento ‘vagem por planta’, ‘grão por vagem’ e ‘peso de 100 grãos’ em função dos fatores estudados (indutor, fungicida e local) estão representados na Tabela 19. Nesta Tabela pode-se observar que não houve diferença significativa entre as médias dos diferentes indutores de resistência avaliados e a testemunha. Para o fator ‘indutor’ foram obtidos, em média, 11,9 vagens por planta, 3,2 grãos por vagem e 26,3 gramas por 100 grãos. Os tratamentos ‘com’ e ‘sem’ fungicida apresentaram valores equivalentes para número de vagens por planta (11,1) e número de grãos por vagem (3,2). No tratamento com fungicida foi observado peso de grãos 3,12% superior ao tratamento sem fungicida (Tabela 19).

Tabela 19 Valores médios para os componentes de rendimento vagens por planta, grãos por vagem e peso de 100 grãos (g) na cultura do feijoeiro comum para diferentes tratamentos fitossanitários em Lambari e Luminárias, MG

Tratamentos	Vagens/planta	Grãos/vagem	Peso (100 grãos)
Água	10,3	3,1	26,4
ASM	13,1	3,3	26,0
Fosfito de Mn	12,5	3,4	26,0
ECC	12,3	3,1	26,7
Ortofosfato	11,6	3,3	26,3
Silicato de K	11,7	3,3	26,4
Com fungicida	11,9	3,3	26,7 A
Sem fungicida	11,9	3,2	25,9 B
Luminárias	10,5 B	3,7 A	26,8 A
Lambari	13,4 A	2,8 B	25,9 B

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa entre os dois locais, para todos os componentes de rendimento, sendo observado maior número de vagens por planta em Lambari e maiores valores de número de grãos por vagem e peso de grãos em Luminárias. O melhor desenvolvimento vegetativo das plantas em Lambari, em função da maior pluviosidade, pode ter favorecido a produção de vagens, o que, no entanto, não foi suficiente para resultar em maior rendimento (Tabela 19).

Para a variável produtividade houve significância da interação entre os fatores ‘local’ e ‘indutor’. Os diferentes indutores de resistência apresentaram resultados equivalentes em Lambari, com produtividade média de 741,2 kg/ha, valor 29,6% superior à da testemunha. Não houve diferenças entre os indutores de resistência e a testemunha no experimento em Luminárias, onde o rendimento médio foi de 1020,9 kg.ha⁻¹. Todos os tratamentos do fator ‘indutor’ apresentaram desempenho superior em Luminárias, com aumentos de produtividade que variam de 25,4% (tratamento ECC) a 84% (testemunha).

Tabela 20 Valores médios de produtividade (kg.ha⁻¹) na cultura do feijoeiro para diferentes tratamentos com indutores de resistência em Lambari e Luminárias, MG

Tratamento	Luminárias	Lambari
Água	1102,4 Aa	572,1 Bb
ASM	1037,4 Aa	759,5 Ba
Fosfito de Mn	1043,8 Aa	735,9 Ba
ECC	956,1 Aa	762,7 Ba
Ortofosfato	965,7 Aa	756,0 Ba
Silicato de K	1019,9 Aa	692,1 Ba

¹Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Também foi observado efeito significativo do fator ‘fungicida’ sobre a produtividade (Figura 11). A produtividade média do tratamento com fungicida foi da ordem de 902,6 kg.ha⁻¹, enquanto que o tratamento sem fungicida produziu 833 kg.ha⁻¹, o que representa um aumento de 8,4% na produtividade.

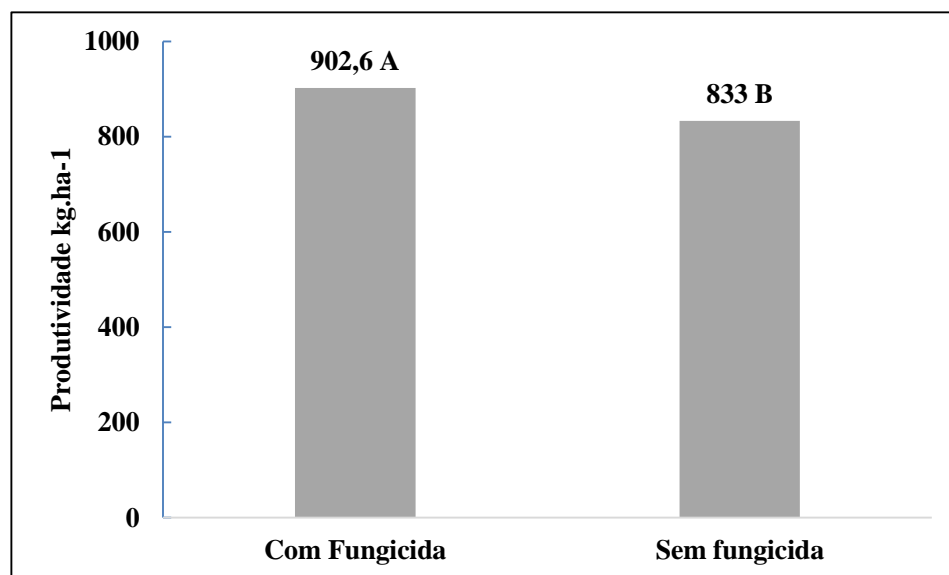


Figura 11 Produtividade média do feijoeiro comum 'com' e 'sem' tratamento com fungicida

5 CONCLUSÕES

Em casa de vegetação os indutores de resistência influenciaram o progresso da antracnose em plantas de feijoeiro comum, reduzindo a severidade e incidência da doença.

O silicato de cálcio aplicado em dose equivalente à fornecida por corretivo silicatado em campo não influenciou o crescimento do feijoeiro, uma vez que não proporcionou qualquer alteração na altura final e peso das plantas. O progresso da antracnose também não foi influenciado por essa fonte de silício, uma vez que plantas tratadas com silicato de cálcio apresentaram progresso da doença semelhante às plantas não tratadas.

A eficiência dos indutores de resistência no controle de doenças a campo foi influenciada pelas condições ambientais, já que os diferentes tratamentos avaliados influenciaram de maneira diferente o progresso da antracnose e da mancha-angular nas duas localidades em que os ensaios foram montados, as quais apresentaram condições de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação bastante distintas.

O uso de indutores de resistência não proporcionou efeito adicional no controle da antracnose e da mancha-angular nem na produtividade do feijoeiro quando combinado com fungicida.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os indutores de resistência influenciam o progresso de doenças na cultura do feijoeiro, exercendo algum controle sobre importantes enfermidades como a antracnose e a mancha-angular, como foi demonstrado pelos resultados deste trabalho e de outros indicados na revisão bibliográfica feita sobre o assunto. No entanto, vale ressaltar que existem alguns questionamentos sobre o uso dos indutores de resistência como alternativa técnica para o controle de doenças a nível de campo.

Para o silicato de cálcio, a maior parte dos trabalhos que demonstram haver algum controle de doenças no feijoeiro devido seu uso são de ensaios realizados em vasos com altos teores de silício no substrato de plantio, teores que são impraticáveis em condição de campo com as fontes comerciais de silício atualmente disponíveis. Em contrapartida, neste trabalho, o uso de silicato via solo aplicado em dose equivalente à fornecida por corretivo silicatado em campo não influenciou o progresso da antracnose. Sendo assim, para a cultura do feijoeiro, o suprimento de silício via solo não é uma alternativa prática para o controle de doenças.

Com relação aos produtos foliares indutores de resistência existe uma inconsistência em sua eficiência no controle de doenças, uma vez que grande parte dos resultados positivos observados em casa de vegetação não se repetem necessariamente em condição de campo. Outro aspecto a ser considerado é que a eficiência dessas substâncias no controle de doenças, mesmo quando observada, é geralmente menor que a eficiência dos fungicidas. Logo, para doenças em que o controle com fungicidas é muito bem estabelecido, com boa eficiência e a custos atrativos, há pouco espaço para o uso de indutores de resistência.

REFERÊNCIAS

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5th ed. San Diego: Academic, 2005. 922 p.

AHUJA, I.; KISSEN, R.; BONES, A. M. Phytoalexins in defense against pathogens. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 17, n. 2, p. 73-90, 2012.

ALVAREZ, V. H. V. et al. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

BOLLER, T.; FELIX, G. A renaissance of elicitors: perception of microbe-associated molecular patterns and danger signals by pattern-recognition receptors. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 60, p. 379-406, 2009.

BONALDO, S. M. et al. Fungitoxicidade, atividade elicitora de fitoalexinas e proteção de pepino contra *Colletotrichum lagenarium*, pelo extrato aquoso de *Eucalyptus citriodora*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 128-134, 2004.

BOWEN, P.; MENZIES, J. G.; EHRET, D. L. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 6, p. 906-912, Nov. 1992.

BUFFARA, C. R. S. et al. Atividade de fosfito de potássio na pré e pós-infecção de *Phakopsora euvitidis* em folhas de videira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3333-3340, 2013. Supl. 1.

CAVALCANTI, F. R. et al. Acibenzolar-S-Metil e Ecolife® na Indução de Respostas de Defesa do Tomateiro Contra a Mancha Bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 4, jul./ago. 2006.

CAVALCANTI, F. R. et al. An aqueous suspension of *Crinipellis pernicios* mycelium activates tomato defence responses against *Xanthomonas vesicatoria*. **Crop Protection**, Guildford, v. 26, p. 729-738, 2007.

CAVALCANTI, F. R.; PEREIRA, V. F.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M. **Aspectos da indução de resistência em plantas de videira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2014. 20 p. (Documentos, 88).

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 404-410, abr./jun. 2013.

CRUZ, M. F. A. et al. Silício no processo infeccioso de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 142-145, jan. 2012.

CRUZ, M. F. A. et al. Soybean resistance to *Phakopsora pachyrhizi* as affected by Acibenzolar-S-Methyl, Jasmonic acid and silicon. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 162, p. 133-136, 2014.

DALIO, R. J. D. et al. O triplo modo de ação dos fosfitos em plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 20, p. 206-243, 2012.

DALLAGNOL, L. J. et al. Use of Acibenzolar-S-Methyl to control foliar diseases of soybean. **Summa Phytopathologica**, Jaguariuna, v. 32, n. 3, p. 255-259, 2006.

DALLA PRIA, M.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Quantificação de componentes monocíclicos da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 401-407, 2003a.

DALLA PRIA, M.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Quantificação de componentes monociclícos da mancha angular do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 394-400, 2003b.

DALLA PRIA, M. et al. Diagnose das doenças. In: CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. **Principais doenças fúngicas do Feijoeiro**. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p. 17-20.

DANIEL, R.; GUEST, D. Defence responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora*-challenged *Arabidopsis thaliana*. **Physiological-and-Molecular-Plant-Pathology**, London, v. 67, n. 3/5, p. 194-201, 2006.

DUARTE, H. S. S. et al. Silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas no controle da ferrugem da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2271-2277, nov. 2009.

ELLIOTT, C. L.; SNYDER, G. H. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 39, n. 6, p. 1118-1119, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Informações técnicas para cultivo do feijoeiro comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás, 2012. 247 p.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 91, p. 11-17, 1994.

FANCELLI, L. A. (Ed.). **Feijão: produção e sustentabilidade**. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2013.

FAWE, A. et al. Silicon and disease resistance in dicotyledons. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 159-169.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, J. J.; CAMPA, A. P. E.; GIRALDEZ, R. Reaction of a bean germplasm collection against five races of *Colletotrichum lindemuthianum* identified in Northern Spain and implications for breeding. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 92, p. 705–708, 2008.

GARCIA, A. et al. Influencia das variáveis ambientais no progresso da antracnose do feijoeiro e eficiência de tiofanato metílico + clorotalonil no controle da doença. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1709-1715, nov./dez. 2007.

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 97-101, 2004.

GUERRA, A. M. N. M. et al. Aspectos bioquímicos da resistência do algodoeiro à ramulose potencializada pelo silício. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p. 292-303, 2013.

JASPER, M. **Comparativo de diferentes grupos de fungicidas no controle de doenças do feijoeiro**. 2010. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2010.

KESSMANN, H. et al. Mode of action of new plant activator. In: INTERNATIONAL PLANT PROTECTION CONGRESS, 1., 1995, The Hague. **Proceedings...** The Hague: ISPP, 1995. p. 2-7.

KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005.

KNIGHT, S. C. et al. Rationale and perspectives on the development of fungicides. **Annual Review of Phytopathology**, Cambridge, v. 35, p. 349-372, 1997.

LIEBENBERG, M. M.; PRETORIUS, Z. A. A review of angular leaf spot of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **African Plant Protection**, Queenswood, v. 3. n. 2, p. 81-106, 1997.

LIMA, L. M. et al. Quantificação da ferrugem asiática e aspectos nutricionais de soja suprida com silício em solução nutritiva. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 36, n. 1, p. 51-56, 2010.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 11, p. 392-397, 2006.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic, 1995. 889 p.

MELO, C. L. P. et al. Caracterização fenotípica e molecular de genitores de feijão tipo carioca quanto à resistência a patógenos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 495-504, abr. 2008.

MENEGHETTI, R. C. **Avaliação do fosfito de potássio sobre o progresso de *Phakopsora pachyrhizi* em soja**. 2009. 65 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MENEGHETTI, R. C. et al. Avaliação da ativação de defesa em soja contra *Phakopsora pachyrhizi* em condições controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 823-829, jul./ago. 2010.

MORAES, S. R. G. et al. Efeito de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 69-75, 2006.

MORAES, S. R. G. et al. Nutrição do feijoeiro e intensidade da antracnose em função da aplicação de silício e cobre. **Acta Scientiarum, Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 283-291, 2009.

NASCIMENTO, A. R. et al. Fontes de fosfito e acibenzolar-s-metil no controle de doenças e produtividade do tomateiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 53-59, Jan./Mar. 2008.

PEREIRA, R. B. et al. Extrato de casca de café, óleo essencial de tomilho e acibenzolar-S-metil no manejo da cercosporiose-do-cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1287-1296, out. 2008.

PEREIRA, S. C. et al. Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 3, May/June 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-56762009000300005&script=sci_arttext>. Acesso em: 23 jan. 2015.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. São Paulo: Fealq, 2009.

RAHE, J. E.; KUÆ, J. Metabolic nature of the infection limiting effect of heat on bean anthracnose. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 60, n. 6, p. 1005-1009, 1970.

RAMALHO, M. A. P. et al. Repercussão da ocorrência de mancha angular na produtividade de grãos de linhagens de feijoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2007, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2007. 1 CD ROM.

RIBEIRO JÚNIOR, P. M. et al. Fosfito de potássio na indução de resistência a *Verticillium dahliae* Kleb., em mudas de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 629-636, jul./ago. 2006.

RODRIGUES, A. F.; RESENDE, R. S. Silício na potencialização da resistência de plantas a patógenos. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA A PATÓGENOS, 5., 2010. Lavras. **Anais...** Lavras: ufla, 2010. p. 171-180.

RYALS, J. A. et al. Systemic acquired resistance. **Plant Cell**, Bethesda, v. 8, n. 10, p. 1809-1819, 1996.

SANTOS BOTELHO, D. M. et al. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 582-588, 2005.

SARTORATO, A. et al. Resistência vertical do feijoeiro comum *Phaseolus vulgaris* a *Isariopsis griseola*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 43-46, fev. 1991.

SCHOONHOVEN, A.; PASTOR-CORRALES, M. A. **Standard system the evaluation of bean germoplasm**. Cali: CIAT, 1987. 54 p.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 70, p. 1183-1186, 1977.

SILVA, K. J. D. **Distribuição e caracterização de isolados de Colletotrichum lindemuthianum no Brasil.** 2004. 88 p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

SILVA, K. J. D. et al. **Variabilidade patogênica e genética do agente causal da mancha angular do feijoeiro.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007.

SILVA, K. J. D.; SOUZA, E. A.; ISHIKAWA, F. H. Characterization of *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from the state of Minas Gerais, Brazil. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 155, n. 4, p. 241-247, Apr. 2007.

SMITH, C. J. Accumulation of phytoalexins: defense mechanisms and stimulus response system. **The New Phytologist**, Cambridge, v. 132, p. 1-45, 1996.

SOARES, R. M.; MARINGONI, A. C.; LIMA, G. P. P. Ineficiência de acibenzolar-S-methyl na indução de resistência de feijoeiro à murcha-de-Curtobacterium. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 373-377, 2004.

STANGARLIN, J. R. et al. Plantas medicinais e controle alternativo de fitopatógenos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 2, n.11, p. 16-21, 1999.

STENGLEIN, S. et al. Angular leaf spot: a disease caused by fungus *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris on *Phaseolus vulgaris* L. **Advances in Applied Microbiology**, London, v. 52, p. 209-243, 2003.

TALAMINI, V. **Progresso espacial e temporal da antracnose a partir de diferentes níveis de inoculo inicial em sementes de feijoeiro.** 2003. 144 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

TEIXEIRA, I. R. et al. Fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 562-568, out./dez. 2008.

TÖFOLI, J. G.; MELLO, S. C.; DOMINGUES, R. J. Efeito do fosfito de potássio isolado e em mistura com fungicidas no controle da requeima do tomateiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 2, p. 201-208, 2012.

VALE, F. X. R. et al. A software plant disease severity assessment. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, 8., 2003, Christchurch. **Proceedings...** Christchurch: International Society of Plant Pathology, 2003. p. 105.

VAN LOON, L. C. et al. Systemically induced resistance in Arabidopsis. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 254-254, 2001. Supl.

VECHIATO, M. H. et al. Antracnose do feijoeiro: correlação entre severidade em vagens e a incidência do patógeno nas sementes. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 83-87, 2001.

VIECELLI, C. A. et al. Indução de resistência em feijoeiro a mancha angular por extratos de micélio de *Pycnoporus sanguineus*. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 1, p. 73-80, 2010.