



BRENO ALVARENGA REZENDE

**IMPLICAÇÕES DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO
DA MANCHA ANGULAR NO FEIJOEIRO NA
EFICIÊNCIA DE UM PROGRAMA DE
SELEÇÃO RECORRENTE**

LAVRAS - MG

2012

BRENO ALVARENGA REZENDE

**IMPLICAÇÕES DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA MANCHA
ANGULAR NO FEIJOEIRO NA EFICIÊNCIA DE UM PROGRAMA DE
SELEÇÃO RECORRENTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu

LAVRAS - MG

2012

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

Rezende, Breno Alvarenga.

Implicações do método de avaliação da mancha angular no feijoeiro na eficiência de um programa de seleção recorrente / Breno Alvarenga Rezende. – Lavras: UFLA, 2012.

68 p.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Ângela de Fátima Barbosa Abreu.

Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Melhoramento de plantas. 3. Progresso genético. 4. *Pseudocercospora griseola*. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.523

BRENO ALVARENGA REZENDE

**IMPLICAÇÕES DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA MANCHA
ANGULAR NO FEIJOEIRO NA EFICIÊNCIA DE UM PROGRAMA DE
SELEÇÃO RECORRENTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 09 de fevereiro de 2012.

Dra. Elaine Aparecida de Souza UFLA

Dr. Édson Ampélio Pozza UFLA

Orientadora

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu

LAVRAS – MG

2012

A Deus, que sempre esteve comigo.

OFEREÇO

Aos meus pais, Procópio e Maísa; aos meus avós, João, Nicinha, Totonho (in memoriam) e Telma e aos meus irmãos, Renato e Marina.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder a oportunidade de aprendizado; por ter me dado incontáveis motivos pra agradecer, e raros para pedir.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pelos melhores anos de minha vida, ali vividos.

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

À Dra Ângela de Fátima Barbosa Abreu, por ensinar dando o exemplo, em todos os aspectos que cabe ao melhorista de plantas.

Ao professor Magno Antonio Patto Ramalho, pela oportunidade da convivência, e por me ensinar que não existe sucesso sem sacrifício.

Ao professor e amigo João Cândido, pelo companheirismo e boa vontade em ajudar.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, César Brasil, João Bosco, José Airton, Elaine, Flávia e Lisete, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos membros da banca examinadora, professores Elaine de Souza e Édson Pozza, por contribuírem de forma decisiva para a qualidade desta dissertação.

Aos colegas e amigos de mestrado, Guilherme Battistelli e Matheus Mendes, pela ajuda dentro das salas de aula, e pelo risos fora dela.

Aos colegas do Núcleo de Estudos de Genética (Gen), pelas parcerias científicas e agradável companhia.

Aos funcionários do DBI, Heloísa, Léo, Lindolfo, Zélia, Rafaela, Irondina, Sebastiana (Dú) e Lamartine, por estarem sempre dispostos a ajudar, com muito boa vontade.

À minha namorada Camila, pelo carinho, amor, companheirismo e felicidade proporcionada.

Aos meus queridos pais, Procópio e Máisa, por terem me mostrado o caminho da verdade, honestidade e simplicidade, e por tornarem possível o sonho de ser mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.

Aos meus irmãos Renato e Marina, por terem se tornado meus melhores amigos ao longo de minha vida.

Ao Ladinho, Olinda, Lucimara, Tiana e Tião, pela indescritível dedicação e afeto com que me trataram durante todos esses anos.

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram: comparar diferentes métodos de avaliação da reação de linhagens de feijoeiro provenientes de sete ciclos de seleção recorrente para resistência à mancha angular (*Pseudocercospora griseola*); identificar a melhor época de avaliação da doença; e estimar o progresso genético obtido com os sete ciclos de seleção para resistência ao fungo e, indiretamente, para a produtividade de grãos. As cinco melhores linhagens geradas em cada um dos sete ciclos de seleção recorrente, juntamente com as testemunhas Carioca MG e Pérola, foram avaliadas quanto à produtividade de grãos e reação à mancha angular nas folhas e nas vagens. Os experimentos foram conduzidos na safra da “seca” de 2011 na fazenda experimental Muquém, localizada próxima ao campus da UFLA. Para avaliação da mancha angular nas folhas, foram comparados os seguintes métodos: severidade em parcelas de campo (SC) utilizando escalas de notas, severidade em folíolos amostrados (SA) utilizando escalas de notas, e percentual da área foliar amostrada lesionada (%AFL). As avaliações foram realizadas aos 21, 28, 33 e 41 dias após o florescimento (DAF) para SC, aos 7, 14, 21, 28, 33 e 41 DAF para SA e %AFL, e aos 41 DAF para severidade nas vagens. Foi estimada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para SC, SA e %AFL, e as correlações de Spearman entre produtividade, AACPD, severidade nas vagens e SC, SA e %AFL, para as diversas épocas avaliadas. Verificou-se que a SC utilizando escalas de notas é o método mais indicado para avaliar a mancha angular no feijoeiro, por ser mais viável em termos práticos e proporcionar maior poder de discriminação entre tratamentos; a melhor época para avaliar a doença é em torno de 30 dias após o florescimento, pois possibilita maior discriminação entre tratamentos e tem maior correlação com a produtividade de grãos; e a seleção recorrente é eficiente para aumentar a resistência à mancha angular e à produtividade de grãos do feijoeiro.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Melhoramento de plantas. Progresso genético. *Pseudocercospora griseola*.

ABSTRACT

The objectives of this research were to compare different methods for evaluation of the reaction of common bean inbreds derived from seven cycles of recurrent selection for resistance to angular leaf spot (*Pseudocercospora griseola*); to identify the best disease evaluation season; and to estimate the genetic progress achieved with the seven selection cycles for resistance to the fungus and, indirectly, for grain yield. The five best lines obtained in each of the seven cycles of recurrent selection, together with the checks Carioca MG and Pérola, were evaluated for grain yield and reaction to angular spot on leaves and pods. The experiments were carried out in the dry season of 2011 at the Muquém experimental farm, located near the UFLA campus. For evaluation of angular spot on the leaves, the following methods were compared: severity in field plots (SF) using a rating scale, severity on sampled leaflets (SS) using a rating scale, and percentage of the sampled leaf area with symptoms (%LAS). Assessments were made 21, 28, 33 and 41 days after flowering (DAF) for SF; 7, 14, 21, 28, 33 and 41 DAF for SS and %LAS, and 41 DAF for pod severity. The area below the disease progress curve (AUDPC) was estimated for SF, SS and %LAS, and also the Spearman correlations between yield, AUDPC, severity on pods and SF, SS and %LAS for all seasons evaluated. It was observed that SF using a rating scale is the most recommended method for evaluating angular leaf spot on common beans since it is the most practical method and has the highest capacity for discriminating treatments; the best disease evaluation season is around 30 DAF because it provides the greatest discrimination among treatments and it has the highest correlation with grain yield; and recurrent selection is efficient for increasing resistance to angular leaf spot and for increasing grain yield in common beans.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Plants breeding. Genetic progress. *Pseudocercospora griseola*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	O cultivo do feijoeiro em Minas Gerais	12
2.2	Mancha angular no feijoeiro	15
2.3	Variabilidade genética de <i>Pseudocercospora griseola</i>	18
2.4	Resistência a Mancha Angular	19
2.5	Estratégias de melhoramento para resistência a doenças no feijoeiro	21
2.6	Métodos de avaliação de doenças	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	Local	28
3.2	Materiais	28
3.3	Métodos	28
3.3.1	Características avaliadas	29
3.4	Análise dos dados	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	Avaliação da Mancha Angular nas folhas	35
4.2	Avaliação da Mancha Angular nas vagens	42
4.3	Área abaixo da curva de progresso da doença	45
4.4	Produtividade de grãos	47
4.5	Correlações	49
4.6	Progresso genético	54
5	CONCLUSÕES	58
	REFERÊNCIAS	59
	ANEXOS	67

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro, cultura de indiscutível importância social e econômica para o Brasil, tem sido estudado e melhorado geneticamente pela Universidade Federal de Lavras há mais de 30 anos (Matos et al., 2007). Os objetivos do melhoramento nem sempre foram os mesmos, mas a obtenção de cultivares mais produtivas e resistentes a doenças sempre esteve entre as prioridades do programa.

Apesar da presença de patógenos na cultura ser sempre prejudicial, algumas doenças se mostraram mais relevantes que as demais, sobretudo na última década. Este é o caso da mancha angular. Pouco expressiva até na década de 1980 (Vieira, 1983), com o passar dos anos se tornou uma doença importante na cultura, e conseqüentemente preocupante, uma vez que as possíveis perdas provocadas em produtividade são estimadas em 80% (Sartorato & Rava, 1992; Singh e Schwartz, 2010).

Sendo assim, por meio de uma parceria entre a UFLA e a EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, foi iniciado em 1998 um programa de seleção recorrente que visa principalmente a resistência à mancha angular, mas também o aumento da produtividade de grãos no feijão tipo carioca. Este método de melhoramento foi escolhido por apresentar a possibilidade de reunir em um indivíduo alelos favoráveis oriundos de pais diferentes, sendo, portanto, ideal para caracteres controlados por muitos genes, como é o caso da resistência à mancha angular e da produtividade de grãos.

Na condução do programa, para que se faça a seleção de progênies mais resistentes, primeiro é preciso fazer a avaliação da doença. Para a avaliação da maioria das doenças no feijoeiro, o método mais empregado relatado na literatura consiste no uso de escalas diagramáticas que utilizam notas para a severidade (Schoonhoven & Pastor-Corrales, 1987; Godoy et al., 1997). Outros

métodos, no entanto, podem ser utilizados, como a avaliação de uma amostra de folíolos retirados da parcela e o percentual da área foliar lesionada, este último determinado com o auxílio de recursos computacionais (Vale et al., 2003). E todos estes métodos, incluindo a severidade em parcelas de campo, podem ser realizados a qualquer momento desde o aparecimento dos sintomas, podendo inclusive ser realizado mais de uma vez durante o ciclo, o que permite calcular a área abaixo da curva de progresso da doença. No caso da mancha angular do feijoeiro, normalmente a doença é avaliada por meio de escalas de notas em campo, em uma única avaliação no final do ciclo (Amaro et al., 2007; Arantes et al., 2010). Contudo, existem dúvidas quanto à melhor época de avaliação, ou seja, em qual estágio de desenvolvimento das plantas a avaliação permitiria maior discriminação entre as linhagens. Outro questionamento é qual método de avaliação seria o mais eficiente.

A identificação do método de avaliação mais preciso é extremamente importante, principalmente no caso da seleção recorrente, em que são conduzidos ciclos sucessivos de seleção, que tornam as diferenças a serem detectadas cada vez menores. No caso do programa de seleção recorrente mencionado, já foram obtidas linhagens dos sete primeiros ciclos. A avaliação dessas linhagens simultaneamente é uma boa alternativa para verificar se esse programa está sendo eficiente em acumular alelos de resistência ao patógeno e, ao mesmo tempo, proporcionar o aumento da produtividade de grãos. Para isso é preciso identificar qual a melhor estratégia para avaliação da resistência das linhagens obtidas.

Do exposto, os objetivos deste trabalho foram comparar os métodos de avaliação da mancha angular mencionados, identificar a melhor época de avaliação da doença, e ainda estimar o progresso genético obtido com os ciclos de seleção recorrente para a mancha angular do feijoeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O cultivo do feijoeiro em Minas Gerais

O feijoeiro é uma cultura tradicional do brasileiro, e desempenha papel importante em diversos setores. Em termos sociais, pode ser destacado como um dos principais produtos do pequeno agricultor de todas as regiões do Brasil, além de também ser cultivado por grandes empresários rurais. Também possui grande importância na dieta nutricional dos brasileiros no provimento de proteínas, ferro e carboidratos, principalmente para aqueles com carência na ingestão de proteína de origem animal. Estima-se que o brasileiro consuma aproximadamente 16 kg de feijão por ano (CENTRO DE INTELIGÊNCIA DO FEIJÃO - CIF, 2011).

De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2011), a área plantada com feijão no país atingiu 3,98 milhões de hectares na safra 2010/2011, área 10,3% maior que a da safra anterior e estima-se uma produção de 3,80 milhões de toneladas (14,5% superior). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estima ainda que haverá um crescimento anual de 1,22% na produção do grão no período de 2009/2010 a 2019/2020. Nesta conjuntura, o estado de Minas Gerais se destaca entre os grandes produtores de feijão do país, ocupando o segundo lugar, atrás apenas do Paraná quando se considera apenas a espécie *Phaseolus vulgaris* (Tabela 1). A área plantada com feijão no estado foi de 419,6 mil hectares, na safra 2010/2011 (CONAB, 2011), sendo a maior do Sudeste.

Em termos econômicos o feijão também possui importância expressiva e crescente no estado. Em 1994 o volume negociado em sacas foi de aproximadamente 220 milhões de reais. Já em 2008 este valor foi de 1,4 bilhão de reais (Gráfico 1), o que demonstra o importante crescimento da cultura em

Tabela 1 Produção, produtividade e área plantada com o feijoeiro nos cinco maiores estados produtores do Brasil, safra 2010/2011

Estado	Produção (mil ton.)	Produtividade (kg/ha)	Área (mil ha)
PR	794,2	1524	521,1
MG	623,7	1486	419,6
BA	94,2	638	612,0
SP	318,6	1764	180,6
GO	288,8	2556	113,0
Total	2119,5	-	1846,3

Fonte: CONAB (2011)

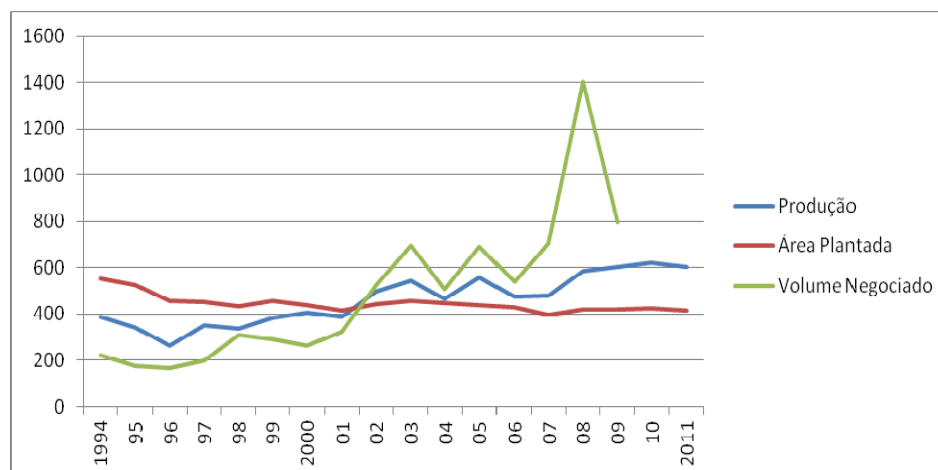


Gráfico 1 Produção (toneladas x mil), área plantada (ha x mil) e volume negociado em sacas de feijão (milhões de reais) no estado de Minas Gerais, entre os anos de 1994 e 2011. Fonte: CIF (2011)

Minas. Nas últimas décadas houve tendência de diminuição da área plantada com feijoeiro ao longo dos anos (Gráfico 1). Em contrapartida, nesse mesmo período de tempo houve aumento da produção. Assim sendo, conclui-se que os esforços dos melhoristas, fitotecnistas e assistência técnica tem sido válidos para aumentar a produtividade do estado, conciliando o uso de cultivares superiores e técnicas de manejo adequadas para a cultura.

É importante comentar que existem três possíveis épocas de cultivo do feijão em Minas Gerais: “Águas”, “Seca” e Inverno (VIEIRA, 2004). No cultivo “das águas”, a sementeira é feita em outubro ou novembro. Essa época coincide com o início do período chuvoso da região e é preferida por aqueles agricultores que não possuem o recurso da irrigação e não utilizam de alta tecnologia. O segundo cultivo, “da seca”, tem início em fevereiro ou março, ou seja, no final do período chuvoso. Por meio da irrigação complementar, este é o cultivo que proporciona as maiores produtividades. Já o cultivo de “inverno” ocorre com sementeira de abril a julho, dependendo da região do estado, época mais fria do ano e que, portanto, pode prejudicar o desenvolvimento inicial das plantas. A irrigação é indispensável nessa época.

Em Minas Gerais existe preferência dos consumidores pelo grão do tipo carioca, que possui tegumento bege claro com rajas marrons. Consequentemente, a grande maioria dos produtores cultiva o feijão deste tipo. Sendo assim, seguindo as exigências dos consumidores e produtores, o feijão Carioca é aquele no qual estão concentrados os maiores esforços dos melhoristas. Diversos fenótipos de interesse são almejados, como tipo de grão dentro do padrão “Carioca”, plantas eretas, escurecimento tardio dos grãos armazenados, resistência ao maior número possível de doenças e, finalmente, alta produtividade de grãos.

Um aspecto a ser considerado é que, conforme as necessidades dos produtores e consumidores mudam, as dos melhoristas devem seguir tal mudança. Um caso típico é o que ocorreu com a mancha angular do feijoeiro. Até a década de 1980, a mancha angular não era uma doença de destaque na cultura, porque causava pequena perda em produtividade (VIEIRA, 1983). Sua importância, contudo, vem aumentando com o passar dos anos, devido a fatores como: cultivo na safra das secas, que reúne as condições mais favoráveis à proliferação do fungo; plantio durante o ano todo, que permite a manutenção do

inóculo no campo; práticas culturais como a irrigação por aspersão, que proporciona condições favoráveis de umidade e ainda aumenta a disseminação de esporos (PAULA JÚNIOR; VIEIRA; ZAMBOLIM, 2004). Assim sendo, os crescentes danos causados à cultura geraram a necessidade de se buscar genótipos mais resistentes. Nesse caso então o próprio ambiente condicionou a necessidade por parte dos melhoristas de buscar a resistência a este fungo.

2.2 Mancha angular no feijoeiro

A ocorrência de mancha angular no feijoeiro foi relatada em diversas regiões do mundo, como nas Américas, Europa e Ásia. O agente etiológico dessa doença passou por diversas mudanças de nomenclatura: a priori foi nomeada “*Isariopsis griseola*” por Saccardo em 1878. Em 1909 foi reclassificada por Ferraris como “*Phaeoisariopsis griseola*” e, por fim, Crous et al. (2006), mediante estudos com marcadores moleculares, sugeriram “*Pseudocercospora griseola*”.

Os conídios de *P. griseola* são disseminados principalmente pelo vento, mas também por sementes e restos culturais (SINGH; SCHWARTZ, 2010). Germinam em aproximadamente três horas e penetram pela face abaxial da folha através dos estômatos. Os tubos de germinação acompanham os contornos das células epidérmicas, formando apressórios. Os cloroplastos apresentam sinais de degradação três dias após a infecção, seguindo-se de necrose das células-guarda e das células do mesófilo adjacente, desintegração do parênquima paliçádico e, por fim, destruição da epiderme. Mediante a morte das células e dos tecidos envolvidos, são formados estromas, de onde emergem os conidióforos contendo os conídios (MONDA; SENDERS; HICK, 2001).

Na folha, os sintomas da mancha angular são facilmente identificados, pois as lesões, de coloração marrom, ficam contidas no entorno das nervuras,

formando ângulos bem definidos. Com o progresso da doença essas lesões podem coalescer, causando a desfolha prematura das plantas. Nas vagens, a doença se manifesta-se por meio de manchas circulares amarronzadas, não deprimidas. Sintomas também podem ser observados no caule.

De acordo com Allorete e Savary (2005), o ciclo infeccioso da mancha angular pode ser dividido em cinco etapas: estabelecimento da lesão, extensão da lesão, queda das folhas lesionadas, esporulação dos locais infectados e dispersão dos esporos. O estabelecimento da lesão é o grupo de processos que ocorre desde a germinação dos esporos até o período de latência. A extensão da lesão é diretamente influenciada pela temperatura, e também pela cultivar. A desfolha prematura, causada pela doença, pode ser atrasada em condições de baixa temperatura, e acentuada sob altas temperaturas. Para uma severidade de 18%, Willocquet, Allorete e Savary (2004) estimaram uma desfolha de 0,23 folha.dia⁻¹. A esporulação ocorre com temperaturas entre 10 e 30° C, mas é favorecida por temperaturas entre 16 e 26 °C (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 1997; HALL, 1991). O fator limitante, no entanto, é a umidade relativa do ar, que deve ser superior a 71% (SINDHAN; BOSE, 1980). Os principais agentes de dispersão de esporos são o vento e a chuva.

A safra da seca apresenta as melhores condições para a esporulação e disseminação do fungo: alternância entre períodos secos e úmidos e temperaturas em torno de 24°C. A gravidade dos danos é acentuada mediante aumento do período de molhamento foliar (COELHO et al., 2003; PRIA; AMORIM; BERGAMIN FILHO, 2003) e infecção precoce na cultura, causando perdas de até 80% na produção (SARTORATO; RAVA, 1992; SINGH; SCHWARTZ, 2010), devido a desfolhação precoce, ataque inicial às vagens e redução no tamanho do grão (CORREA-VICTORIA; PASTOR-CORRALES; SAETLER, 1994). Jesus Junior et al. (2001) comentam que a redução na

atividade fotossintética devido à mancha angular é duas vezes superior à da ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), outra doença de destaque na cultura.

A mancha angular é considerada uma doença de final de ciclo. Assim sendo, em trabalhos de pesquisa, que visam a identificação de linhagens/cultivares mais resistentes, os principais métodos citados na literatura recomendam que a avaliação da doença seja feita justamente no final do ciclo, pouco antes da colheita (SCHOONHOVEN; PASTOR-CORRALES, 1987). Esta recomendação, no entanto, gera dúvidas, pois ela foi feita no final da década de 1980 e, conforme já comentado, com a intensificação da cultura, as condições tem sido cada vez mais favoráveis ao desenvolvimento mais precoce da doença. Dessa forma, alguns questionamentos podem ser feitos, por exemplo: os sintomas observados na fase final do ciclo refletiriam na mesma proporção as perdas em produtividade? Ou haveria uma melhor época de avaliação, entre o aparecimento dos primeiros sintomas e a colheita, que apresentasse maior correlação com as perdas de produtividade?

Na verdade, a presença de sintomas pode ser agravada ou atenuada pela própria disposição das cultivares no campo, fenômeno conhecido por interferência (ROBINSON, 1979). De acordo com o autor, a interferência pode ser positiva ou negativa. A interferência positiva ocorre se uma cultivar resistente estiver disposta lado a lado com uma ou mais suscetíveis, de modo que a entrada de propágulos do patógeno sobre o hospedeiro resistente é maior que a saída, ficando então a resistência horizontal subestimada. O oposto ocorre com a interferência negativa, ou seja, cultivares suscetíveis rodeadas por cultivares resistentes, acarretando na superestimação da resistência horizontal da cultivar suscetível. Este fenômeno ocorre principalmente para doenças que são disseminadas pelo vento, como é o caso da mancha angular, e é um indício de que as avaliações dos sintomas devem ser feitas quando surgem os primeiros sintomas, época em que a distribuição do inóculo é, em tese, uniforme.

2.3 Variabilidade genética de *Pseudocercospora griseola*

No melhoramento visando resistência a doenças, tem-se uma constante preocupação com a variabilidade do patógeno, porque sempre existe a possibilidade de quebra da resistência. É importante conhecer o padrão de resistência das linhagens de um programa às raças mais frequentes na região. Para isso, no entanto, é necessário que, primeiramente, sejam identificadas quais raças são essas. Com esse intuito, o CIAT propôs um conjunto de doze cultivares diferenciadoras, seis de origem andina e seis mesoamericanas (SCHOONHOVEN; PASTOR-CORRALES, 1987). Isto porque os isolados de *P. griseola* podem ser classificados em dois grupos, o andino e mesoamericano, devido à co-evolução ocorrida entre o patógeno e hospedeiro (PASTOR-CORRALES; JARA, 1995). Foi verificado que isolados de origem andina infectam principalmente cultivares de mesma origem (grãos grandes), e o mesmo acontece para aqueles de origem mesoamericana (PASTOR-CORRALES; JARA; SINGH, 1998). Para identificar raças, é utilizado o método de Habgood (1970), que consiste em um sistema binário. Em estudo realizado por Nietsche et al. (2002), foi observado que a predominância de isolados em Minas Gerais pertence ao grupo mesoamericano, justamente pelos feijões pequenos (mesoamericanos) serem os preferencialmente plantados pelos agricultores da região.

A variabilidade patogênica de *P. griseola* é enorme. Até 2002, Sartorato e Alzate-Marin (2004) já haviam identificado 51 raças do fungo no Brasil, encontradas em vários estados produtores de feijão. Posteriormente, Silva et al. (2008) identificaram outras três, totalizando 54. Atualmente esse número deve ser ainda maior, pois mecanismos como a mutação e recombinação podem a todo momento dar origem a uma nova raça (AGRIOS, 2005).

2.4 Resistência a Mancha Angular

Várias estratégias são úteis no controle de doenças, como a rotação de culturas, técnicas adequadas de manejo, uso de sementes saudáveis, aplicação de fungicidas e até mesmo extratos que induzem a resistência (VIECELLI et al., 2009). Porém, com certeza, a mais viável e eficiente é a utilização de cultivares geneticamente resistentes. A utilização de cultivares resistentes tem a vantagem de reduzir o gasto com insumos e operações de controle, bem como evitar possíveis contaminações do ambiente com agroquímicos.

Na literatura são encontrados relatos de que a resistência específica a uma determinada raça de mancha angular é devida a um ou poucos genes (CAIXETA et al., 2003; CARVALHO et al., 1998; FERREIRA et al., 2000; MAHUKU; IGLESIAS; JARA, 2009; NIETSCHE et al., 2000; SARTORATO et al., 2000; SINGH; SCHWATZ, 2010). Para chegar a essa conclusão foram utilizados principalmente marcadores moleculares do tipo RADP, SCAR e SSR. Foi demonstrado, por exemplo, que as linhagens Cornell 49-242, MAR-2, México 54 possuem, respectivamente, um, dois e três genes de resistência.

Na maioria dos casos, os alelos que conferem resistência são dominantes, porém também existem relatos de resistência por alelos recessivos (CORRÊA et al., 2001; SANTOS FILHO; FERRAZ; VIEIRA, 1976). No entanto, se for considerada a enorme variabilidade existente de raças, o controle conjunto da resistência a todas elas passa a ter um comportamento quantitativo, ou seja, muitos genes tornam-se envolvidos. Em estudo envolvendo marcadores moleculares, Caixeta et al. (2005) revelaram que a cultivar AND 277 contém quatro genes de resistência, enquanto Mahuku, Iglesias e Jara (2009) evidenciaram a presença de três genes de resistência na cultivar G5686 (também utilizada como diferenciadora). Este último comenta que apesar de não existirem evidências comprobatórias, provavelmente os genes encontrados nas cultivares

AND 277 e G5686 são diferentes, uma vez que as mesmas são resistentes a diferentes raças do fungo. Isto corrobora com a hipótese de que a resistência à *P. griseola* é um caráter quantitativo. Além do mais, a ocorrência da doença é fortemente influenciada pelas condições ambientais, o que também caracteriza este tipo de caráter. Numa situação como essa a resistência pode ser considerada horizontal.

Em trabalho realizado por Amaro et al. (2007), na avaliação de progênies quanto à severidade de *P. griseola* foi observado uma graduação nos sintomas de plantas consideradas resistentes. Este é um comportamento típico de um caráter poligênico e que, portanto, sofre grande influência do ambiente, corroborando com a hipótese de resistência horizontal.

Conforme relatado anteriormente, os sintomas de mancha angular podem ser observados em toda a parte aérea da planta. Normalmente os estudos são conduzidos avaliando-se apenas as folhas das plantas, conforme sugerido por Godoy (1997) e Schoonhoven e Pastor-Corrales (1987). No entanto, em estudos de resistência à mancha angular também é importante se fazer a mensuração dos sintomas nas vagens, pois estes provavelmente acarretam em perdas de produtividade, reduzem a qualidade dos grãos e ainda são fontes de inóculo. Poucos são os estudos genéticos que contemplam os sintomas nas vagens, e ainda não foi proposto na literatura uma escala de notas para tal, que seguisse o mesmo padrão daquelas propostas para as folhas, citadas anteriormente. Estudos importantes neste sentido foram conduzidos por Borel et al. (2010) e Vieira et al. (2009). Vieira et al (2009), em experimento com avaliação da porcentagem de vagens com sintomas de mancha angular e também do número médio de sintomas por vagem, notaram que existe variabilidade entre cultivares para estas características avaliadas. Já Borel et al. (2010) conduziram estudos de herança da resistência, e avaliou a resistência e a herdabilidade deste caráter tanto em folhas quanto em vagens. Foi constatado que a reação à mancha angular nessas

partes da planta é controlada por genes diferentes, sendo que o número de genes envolvidos na resistência da folha é maior. Desta maneira, a reação à doença na folha é mais influenciada pelo ambiente e, conseqüentemente, possui herdabilidade inferior à das vagens.

2.5 Estratégias de melhoramento para resistência a doenças no feijoeiro

A resistência de plantas a doenças pode ocorrer naturalmente em uma linhagem, mas não existe uma cultivar que seja resistente a todos os patógenos que a atacam. Assim sendo, os alelos de resistência devem ser incorporados gradativamente das fontes de resistência por meio do melhoramento convencional, ou ainda por meio de métodos como a transgenia, caso não sejam encontrados na mesma espécie.

No caso da mancha angular do feijoeiro uma estratégia no melhoramento visando a resistência seria a incorporação de genes de resistência de origem diferente daquela do grão de interesse. Por exemplo, se o objetivo for obter linhagens resistentes a uma raça de origem andina, deve-se incorporar alelos de resistência preferencialmente de origem mesoamericana e vice - versa. Esta teoria é chamada de “dissociação de alelos de virulência” e foi proposta por Vanderplank (1984). Ela foi formulada mediante a observação de que a frequência observada de uma raça AB era menor que a esperada, quando consideradas as raças A e B separadamente. Foi constatado então que se os genes que conferem resistência a A e B tiverem suas origens em “grupos distintos”, quando juntos em uma cultivar, promoverão a menor adaptabilidade da raça patogênica correspondente.

No melhoramento clássico do feijoeiro visando resistência à mancha angular, diversos métodos têm sido utilizados, como a seleção assistida por marcadores (CAIXETA et al., 2003; MAHUKU; IGLESIAS; JARA, 2009;

NAMAYANJA et al., 2006; NIETSCHE et al., 2000; SINGH; SCHWATZ, 2010), a piramidação de genes (ALZATE-MARIN et al., 2005; RAGAGNIN et al., 2009; SANGLARD, 2006), e a seleção recorrente (AMARO et al., 2007; ARANTES; ABREU; RAMALHO, 2010). A seleção assistida por marcadores moleculares consiste no uso de marcas (segmentos de DNA) que sabidamente encontram-se próximas ou mesmo dentro dos genes de resistência, de modo que, em teoria, a presença destas marcas no genoma de uma cultivar indica que a mesma possui o respectivo gene de resistência. Isto facilita a seleção pois evita a inoculação do patógeno, que muitas vezes é laboriosa e realizada sem sucesso. Miklas et al. (2006) comentam que o maior uso dos marcadores moleculares na cultura do feijoeiro está relacionado justamente ao melhoramento visando resistência à doenças.

A piramidação de genes tem como fundamento o acúmulo de vários genes de interesse, no caso genes de resistência, em uma única cultivar e é uma estratégia que vem sendo adotada em vários programas de melhoramento de plantas autógamas (HITTALMANI et al., 2000; PEREIRA; SANTOS; ABREU, 2004; RAGAGNIN et al., 2003). Um exemplo é a cultivar G2333, que possui elevado nível de resistência à antracnose, e cuja resistência é devida à três genes dominantes e independentes (KELLY; VALLEJO, 2004). Por esse motivo essa cultivar tem sido amplamente empregada na piramidação de genes visando a resistência à antracnose.

Os métodos para piramidação são variáveis, mas basicamente consistem em realizar cruzamentos e retrocruzamentos para incorporar o gene de resistência sem perder as características agronômicas favoráveis do pai recorrente. Considerando que a variabilidade do patógeno é enorme, pode-se imaginar que o número de cruzamentos a serem realizados para incorporação do maior número possível de genes de resistência também seja muito grande. Ainda, para cada cruzamento realizado, deve-se avaliar as progênies, para

verificar se o gene de resistência foi incorporado. Do exposto, depreende-se que esta não é uma tarefa fácil. Pelo contrário, a piramidação de genes é extremamente laboriosa, demorada e conseqüentemente onerosa. Além dessas desvantagens, esse método permite a seleção para apenas um caráter principal (ex.: resistência à mancha angular), de modo que outros caracteres agrônômicos de interesse são pouco explorados. Outro agravante é que, mediante o tempo gasto para sua realização, ao final do processo as raças prevalecentes na região podem ter mudado, ou ainda que a cultivar gerada tenha um desempenho agrônômico ruim, não sendo utilizada, portanto, pelos agricultores.

Numa situação como essa, uma boa alternativa é o emprego da seleção recorrente. Este método de melhoramento permite reunir em uma mesma linhagem vários alelos de interesse (RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2001), e apresenta algumas vantagens, como: obtenção de maior variabilidade genética pelo intercruzamento de múltiplos genitores, maior oportunidade de recombinação genética, devido aos sucessivos ciclos de cruzamentos e possibilidade de incorporação de germoplasma exótico na população (GERALDI, 1997).

A seleção recorrente consiste de três etapas básicas: obtenção da população base, avaliação das progênies e recombinação das melhores para formar a próxima geração. No caso da seleção recorrente para resistência à mancha angular no feijoeiro, essas etapas seriam as seguintes: obtenção e cruzamento de linhagens comerciais com outras que tenham bom nível de resistência, seguido da avaliação e seleção das progênies mais resistentes e, por fim, recombinação das mesmas. O método pode variar basicamente quanto ao número de genitores que formarão a população base, ao esquema de recombinação e quanto ao modo de condução da população segregante.

Na cultura do feijoeiro a seleção recorrente tem sido utilizada em inúmeras oportunidades, visando melhoria de uma série de caracteres diferentes.

Kelly e Adams (1987) utilizaram a seleção recorrente fenotípica para desenvolver cultivares de feijão com bom tipo de grãos e arquitetura favorável. Singh et al. (1999), baseados na avaliação de plantas S_1 , utilizaram a seleção recorrente para aumentar a produtividade de grãos de populações de origem mesoamericana e também originadas do cruzamento entre mesoamericanas e andinas. Também por meio desse método García et al. (2003) lograram êxito na obtenção de genótipos com maiores níveis de resistência à patógenos de solo e maiores produtividades. Já Pereira et al. (1993) utilizaram a seleção recorrente para aumentar o número e o peso de nódulos de plântulas de feijoeiro entre 21 e 28 dias de idade, e para isso recombinaram os genótipos com os maiores valores para essas características, avaliados sob condições controladas. Franco et al. (2001) também recomendam a seleção recorrente para aumentar a frequência de alelos favoráveis relacionados com a fixação biológica de nitrogênio. Ainda, Guimarães et al. (2010) apontaram a seleção recorrente como eficiente para aumentar a tolerância ao estresse hídrico na cultura.

No programa de melhoramento da UFLA, três programas de seleção recorrente tem sido conduzidos concomitantemente. O mais antigo deles teve início em 1990 e tem como objetivo a melhoria da produtividade de grãos em feijão do tipo carioca (RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2005; SILVA et al., 2010). Em outro, o objetivo é a obtenção de cultivares com maiores produtividades e também com porte ereto (CUNHA; RAMALHO; ABREU, 2005; MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008). Já o terceiro é uma parceria entre a UFLA e a EMBRAPA, cujo maior interesse é a obtenção de cultivares com maior resistência à mancha angular, além de boa produtividade de grãos. Não foram encontrados relatos de outros programas que utilizem essa estratégia na resistência a esse fungo e raros são os estudos que quantificam a eficiência da seleção recorrente no feijoeiro para esse caráter (AMARO et al.,

2007; ARANTES; ABREU; RAMALHO, 2010), apesar das inúmeras vantagens citadas acima.

2.6 Métodos de avaliação de doenças

Para identificação de progênies ou linhagens resistentes à doenças é necessário quantificar os sintomas e então proceder à análise dos dados. Para isso, pode ser avaliada a incidência e/ou a severidade da doença. A incidência corresponde à porcentagem de plantas doentes na área, ou seja, se 100 plantas foram amostradas e apenas dez apresentaram sintomas, a incidência no caso é de 10%. É eficiente principalmente quando a epidemia está no início.

Já a severidade da doença consiste na porcentagem da área do órgão da planta com sintomas. Ela é mais indicada para doenças foliares, à exemplo da mancha angular. Nesse caso alguns procedimentos foram sugeridos: o uso de escalas descritivas, escalas diagramáticas, medidas relativas de área, análise de imagens, sensoriamento remoto, etc. Na literatura, um dos procedimentos mais recomendados são as escalas diagramáticas (GODOY et al., 1997; NIESTCHE et al., 2001) que consistem no uso de vários graus (notas) para descrever a intensidade da doença. É o procedimento recomendado, por exemplo, para os Ensaios VCU (Valor de Cultivo e Uso) do feijoeiro, que são os ensaios finais antes da recomendação de uma cultivar.

Um dos problemas que comprometem a eficiência das escalas diagramáticas é que os olhos humanos só detectam diferença na área foliar afetada quando os sintomas crescem exponencialmente. Esta é a Lei da Acuidade Visual de Weber-Fechner, segundo a qual a acuidade visual é proporcional ao logaritmo da intensidade do estímulo. Assim, fica difícil diferenciar a quantidade de sintomas quando eles já estão em quantidade considerável (ex.: 25-30%). Outro problema é que os avaliadores que medem a

intensidade da doença devem estar muito bem treinados, de modo que a nota dada corresponda realmente à porcentagem da área foliar afetada. O ideal então é que os avaliadores sejam treinados e que, ainda, vários avaliadores realizem o procedimento de medição.

Assim, para solucionar estes problemas, uma boa solução seria o uso de imagens digitalizadas para medir a área foliar afetada com softwares. A medição por meio deles é precisa, e minimiza o erro causado pelos fatores citados acima. Desta maneira, faz-se uma amostragem das folhas das plantas de cada parcela, que são escaneadas e então submetidas à análise pelo programa, que fornece a porcentagem da área foliar afetada. Um exemplo é o software Quant[®] (VALE; FERNANDES FILHO; LIBERATO, 2003). Este software foi utilizado por Parrela (2008) para quantificar a área sadia e doente das folhas e vagens de cultivares contrastantes quanto à resistência a *P. griseola*. O autor verificou que houve concordância entre o sistema utilizado com as avaliações feitas utilizando diagrama de notas.

Conforme previamente comentado, uma outra dificuldade que pode comprometer a eficiência da seleção das melhores progênies é a escolha da época de avaliação. Na cultura do feijoeiro, existe a dúvida quanto à melhor época de avaliação da mancha angular, ou seja, em qual estágio de desenvolvimento da planta deve-se proceder à avaliação. Nesse caso, um procedimento recomendado consiste em fazer sucessivas avaliações das parcelas em intervalos regulares de tempo e com os dados obtidos determinar a área abaixo da curva de progresso da doença (CAMPBELL; MADEN, 1990). Assim sendo, é provável que uma das avaliações corresponda à época ideal, principalmente quando as mesmas são realizadas desde o aparecimento dos primeiros sintomas até a colheita. De posse desses dados é possível observar o progresso da doença ao longo do ciclo da cultura, permitindo identificar as linhagens ou progênies mais suscetíveis ao patógeno e ainda correlacionar as

notas médias das parcelas, em cada avaliação, com a produtividade. A época ideal seria aquela cujas notas de severidade apresentassem maior correlação com a produtividade. Essa estratégia foi utilizada por Botelho et al. (2011) na avaliação dos danos causados pela antracnose em multilinhas de feijoeiro e seria de grande importância na avaliação da eficiência do programa de seleção recorrente visando a resistência à mancha angular do feijoeiro conduzido pela UFLA/EMBRAPA, comentado anteriormente. Esse programa está em seu 13º ciclo. A sua eficiência já foi avaliada até o terceiro ciclo por Amaro et al. (2007) e até o sexto ciclo por Arantes, Abreu e Ramalho (2010). Entretanto, nas duas situações foram realizadas avaliações apenas no final do ciclo da cultura, o que torna difícil a verificação da existência de correlação entre os sintomas da doença e a produtividade de grãos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi conduzido em Lavras-MG na área experimental da UFLA, localizada na Fazenda Muquém.

3.2 Materiais

Foram avaliadas 35 linhagens oriundas do programa de seleção recorrente visando a resistência à mancha angular conduzido na UFLA desde 1999 (AMARO et al., 2007). As linhagens avaliadas são provenientes dos sete primeiros ciclos de seleção, sendo cinco de cada ciclo. Como testemunhas foram utilizadas as cultivares Carioca MG (suscetível) e Pérola (moderadamente resistente).

3.3 Métodos

As trinta e sete linhagens foram semeadas em 2011 na safra da seca, época favorável ao progresso da doença na região. O delineamento foi o de blocos ao acaso, com três repetições, e parcelas de duas linhas de 2 metros.

Os tratos culturais foram os mesmos recomendados para a cultura do feijoeiro na região. O solo foi preparado no sistema de plantio direto, e na semeadura foram utilizados 400 Kg/ha de fertilizante 8-28-16 de N, P₂O₅ e K₂O. Aos 25 dias após a emergência das plantas, foi realizada a adubação em cobertura, com 150 Kg/ha de sulfato de amônio. Quando necessário a cultura foi submetida à irrigação.

3.3.1 Características avaliadas

a) Severidade de mancha angular nas folhas.

Aos 7, 14, 21, 28, 33 e 41 dias após o florescimento, foram amostrados aleatoriamente, em cada parcela do experimento, 10 folíolos. Os folíolos foram retirados do terço inferior das plantas, e foram descartados aqueles que apresentavam sintomas de outras doenças ou outro dano qualquer que pudesse ser confundido com a mancha angular.

Dos folíolos amostrados, aqueles que apresentavam sintomas foram avaliados quanto à severidade (SA) utilizando a escala de notas de nove graus proposta por Godoy et al. (1997), em que: 1 - plantas com 0,2% da área foliar coberta por lesões; 2 - presença de 0,4% de lesões; 3 - 0,9% de lesões; 4 - 1,7% de lesões; 5 - 3,2% de lesões; 6 - 6% de lesões; 7 - 10,7% de lesões; 8 - 18,7% de lesões; 9 - 30,4% de lesões.

Ainda, utilizando um *scanner*, foram obtidas as imagens dos folíolos. Essas imagens foram processadas pelo software Quant[®] versão 1.0 (VALE; FERNANDES FILHO; LIBERATO, 2003), que forneceu o percentual da área foliar lesionada (%AFL).

Concomitantemente à coleta das amostras, à partir dos 21 dias após o florescimento também foi dada nota para a severidade de mancha angular nas parcelas no campo (SC) utilizando a mesma escala descrita acima.

b) Severidade de mancha angular nas vagens

Foi utilizada a escala de notas de nove graus proposta por Borel et al. (2011) ilustrada pela Figura 1, sendo que: nota 1 - ausência de sintomas; 2 - sintomas cobrindo 5% da superfície das vagens; 3 - sintomas cobrindo 10% da

superfície das vagens; 4 – sintomas cobrindo 20% da superfície das vagens; 5 - sintomas cobrindo 40% da superfície das vagens; 6 - sintomas cobrindo 60% da superfície das vagens; 7 - sintomas cobrindo 80% da superfície das vagens; 8 - sintomas cobrindo 90% da superfície das vagens; 9 - sintomas cobrindo mais de 95% da superfície das vagens.

Esta avaliação coincidiu com a última avaliação para severidade nas folhas.



Figura 1 Diagrama de notas para avaliação da severidade de mancha-angular em vagens de feijoeiro (BOREL et al., 2011)

c) Produtividade de grãos

Após a colheita foi avaliada a produtividade de grãos em kg/ha.

3.4 Análise dos dados

Os dados obtidos da severidade de mancha angular em cada época de avaliação e da produtividade de grãos foram submetidos às análises de variância de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : observação referente à linhagem i , no bloco j ;

m : média geral;

t_i : efeito da linhagem i ($i = 1, 2, 3, \dots, 37$);

b_j : efeito do bloco j ($j = 1, 2, 3$);

e_{ij} : erro experimental associado à observação Y_{ij} .

As variâncias do erro das épocas de avaliação foram submetidas ao teste de Hartley (NETER; WASSERMAN, 1974) e, mediante homogeneidade das mesmas, foi realizada a análise de variância conjunta, pelo seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_j + tb_{ij} + a_k + ab_{kj} + ta_{ik} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : observação referente à linhagem i , no bloco j , dentro da época de avaliação k .

m : média geral;

t_i : efeito da linhagem i ($i = 1, 2, 3, \dots, 37$);

b_j : efeito do bloco j ($j = 1, 2, 3$);

tb_{ij} : efeito da interação entre a linhagem i e o bloco j (Erro 1);

- a_k : efeito da época de avaliação k ;
 ab_{kj} : efeito da interação entre a época de avaliação k e o bloco j (Erro 2);
 ta_{ik} : efeito da interação entre a linhagem i e a época k de avaliação;
 e_{ijq} : erro experimental associado à observação Y_{ijk} (Erro 3).

Os efeitos de linhagens dentro de cada ciclo e entre ciclos foram desdobrados, para verificar a diferença entre ciclos e entre as linhagens de cada ciclo.

Utilizando os dados de SC, SA e %AFL obtidos durante as várias avaliações, foi estimada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) por meio da expressão adotada por Shaner e Finney (1977):

$$AACPD = \sum_{k=1}^n \left[\frac{(Y_{k+1} + Y_k)}{2} x (T_{k+1} - T_k) \right]$$

em que:

Y_k : severidade da doença na época de avaliação K ($k=1, \dots, n$);

Y_{k+1} : severidade da doença na época de avaliação $k + 1$;

T_k : época da avaliação k , em número de dias após o florescimento (DAF);

T_{k+1} : época da avaliação $k + 1$.

As estimativas da AACPD foram submetidas à análise de variância, considerando todos os efeitos como fixos, exceto o erro experimental, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : é a AACPD da linhagem i no bloco j ;

m : é o efeito da média geral;

t_i : é o efeito da linhagem i ($i=1,2,\dots,37$);

b_j : é o efeito do bloco j ($j=1,2,3$);

e_{ijk} : é o erro experimental.

Também foram estimadas as correlações de Spearman entre as seguintes variáveis:

- a) SC em cada época de avaliação e produtividade de grãos;
- b) SC e SA em cada época de avaliação;
- c) SC e %AFL em cada época de avaliação;
- d) SC em cada época de avaliação e a nota de severidade nas vagens;
- e) SA e %AFL em cada época de avaliação;
- f) SA em cada época de avaliação e a nota de severidade nas vagens;
- g) SA em cada época de avaliação e a produtividade de grãos;
- h) %AFL em cada época de avaliação e a nota de severidade nas vagens;
- i) %AFL em cada época de avaliação e a produtividade de grãos;
- j) Nota de severidade nas vagens e a produtividade de grãos;
- k) AACPD das avaliações no campo, dos folíolos amostrados e do percentual da área lesionada, e a produtividade de grãos;
- l) AACPD das avaliações no campo, dos folíolos amostrados e do percentual da área lesionada, e a nota de severidade nas vagens.

Utilizando a nota média de cada ciclo de seleção recorrente em todas as épocas de avaliação das folhas para os três métodos utilizados, a AACPD dos

mesmos, a severidade nas vagens e a produtividade de grãos, foram estimadas as equações de regressão entre os ciclos (variável independente x) e as notas nas folhas e vagens, AACPD ou produtividade (variável dependente y). O b_1 da regressão foi utilizado para estimar o ganho por ciclo de seleção recorrente. O progresso genético percentual foi obtido pela expressão: $PG (\%) = (b_1/b_0) * 100$.

Para a análise dos dados, foi utilizado o Software SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação da Mancha Angular nas folhas

Foi verificada diferença significativa ($P \leq 0,01$) entre épocas e tratamentos para todas as características avaliadas, com excessão da fonte de variação tratamentos para %AFL (Tabela 2). Nesse caso é interessante observar o coeficiente de variação experimental (CV), que é uma das formas de avaliar a precisão com que foi conduzido o experimento e/ou realizadas as avaliações. O CV foi de elevada magnitude em todas as épocas para %AFL (Tabela 3). Contudo, deve ser lembrado que a estimativa do CV é influenciada pelo erro experimental, ou seja, avaliações discrepantes em parcelas de repetições diferentes que receberam o mesmo tratamento, mas também pela magnitude das médias. Ao transformar os valores obtidos com o % AFL para percentual de área sadia ($100 - \%AFL$), por exemplo, o CV passou de 37,01% para 8,21% aos 14 DAF, sem que alteração alguma ocorresse na análise de variância. Isto comprova a influência da média sobre o CV. Para as demais características a precisão na avaliação pode ser considerada boa, tendo o CV sofrido redução com o decorrer dos DAF.

Quando foi feito o desdobramento de tratamentos também foi verificada diferença ($P \leq 0,01$) entre a média das linhagens dos sete ciclos de seleção recorrente para todas as características. Contudo, apenas a avaliação da severidade no campo foi eficiente para detectar diferença entre as linhagens dentro de cada ciclo, no caso, entre as linhagens do Ciclo III, bem como entre as testemunhas e contraste testemunhas vs linhagens.

A existência de diferença entre épocas de avaliação permite identificar qual a melhor época para avaliar a doença. Considerando a severidade no campo, verificou-se que a avaliação realizada aos 33 DAF foi a que permitiu a

melhor discriminação entre as linhagens (Tabela 3). Na condução desse programa de seleção recorrente a avaliação das progênies e do progresso obtido com o programa foi realizado apenas no final do ciclo da cultura (AMARO et al., 2007; ARANTES; ABREU; RAMALHO, 2010), ou seja, aos 41 DAF nesse trabalho. Com os resultados obtidos, infere-se que as avaliações devem ser antecipadas para 33 DAF.

A interação épocas x tratamentos foi significativa ($P \leq 0,01$) apenas para a SC (Tabela 2), indicando que o comportamento das linhagens e testemunhas varia de acordo com a época de avaliação. Este fato reforça a idéia de que principalmente para avaliação da SC deve ser identificada a época mais adequada, que permita maior discriminação entre as linhagens.

As notas médias para SC e SA, e os percentuais para AFL encontram-se na Tabela 4. Independentemente do método para avaliar a mancha angular, notou-se claramente o progresso da doença entre as primeiras avaliações e a última. As médias das linhagens aumentaram gradativamente ao longo das épocas de avaliação, com destaque para a avaliação realizada aos 41 DAF para %AFL, que foi aproximadamente seis vezes superior à época anterior. Aos 41 DAF, a maioria das plantas já se encontrava bastante desfolhada, restando apenas algumas poucas folhas com alta severidade, resultando em elevada média para SC, SA e %AFL nesta época de avaliação.

Pelo teste de Scott e Knott (1974) foram formados grupos distintos de linhagens em todas as épocas para avaliação de SC, mas apenas aos 21 DAF para as demais características (Tabela 4). Nesta mesma época, as linhagens de todos os ciclos foram mais resistentes ao patógeno que as testemunhas quanto à SC. A infestação tardia da doença é interessante pois, as linhagens mais resistentes não necessariamente serão aquelas que apresentarão menos sintomas ao final do ciclo, mas talvez aquelas que por um maior período de tempo mantiveram a doença em níveis baixos.

Tabela 2 Resumo da análise de variância conjunta das avaliações realizadas aos 21, 28, 33 e 41 dias após o florescimento (DAF) para severidade de mancha angular em parcelas de campo (SC), e aos 7, 14, 21, 28, 33 e 41 DAF para severidade em folíolos amostrados (SA) e porcentagem da área foliar lesionada (%AFL), em 35 linhagens de sete ciclos de seleção recorrente para resistência à mancha angular no feijoeiro e testemunhas

FV	QM		
	SC	SA	%AFL
Tratamentos	3,270 **	0,120 **	0,004 NS
Entre ciclos	7,593 **	0,332 **	0,013 **
Entre linhagens - Ciclo I	1,85 NS	0,057 NS	0,001 NS
Entre linhagens - Ciclo II	1,891 NS	0,132 NS	0,004 NS
Entre linhagens - Ciclo III	7,066 **	0,123 NS	0,005 NS
Entre linhagens - Ciclo IV	0,766 NS	0,119 NS	0,001 NS
Entre linhagens - Ciclo V	1,191 NS	0,043 NS	0,004 NS
Entre linhagens - Ciclo VI	1,066 NS	0,030 NS	0,002 NS
Entre linhagens - Ciclo VII	1,891 NS	0,070 NS	0,003 NS
Entre testemunhas	6,00 **	0,077 NS	0,0006 NS
Testemunhas vs Linhagens	3,461 *	0,008 NS	0,000 NS
Erro 1	0,817	0,055	0,003
Épocas	122,35 **	26,97 **	1,496 **
Erro 2	0,481	0,185	0,069
Tratamentos x Épocas	0,510 **	0,061 NS	0,003 NS
Entre ciclos x Épocas	0,668 *	0,068 NS	0,003 NS
Entre linhagens - Ciclo I x Épocas	0,561 NS	0,041 NS	0,003 NS
Entre linhagens - Ciclo II x Épocas	0,369 NS	0,031 NS	0,002 NS
Entre linhagens - Ciclo III x Épocas	0,744 *	0,056 NS	0,003 NS
Entre linhagens - Ciclo IV x Épocas	0,366 NS	0,066 NS	0,001 NS
Entre linhagens - Ciclo V x Épocas	0,702 *	0,079 NS	0,004 NS
Entre linhagens - Ciclo VI x Épocas	0,177 NS	0,088 NS	0,003 NS
Entre linhagens - Ciclo VII x Épocas	0,369 NS	0,032 NS	0,003 NS
Entre testemunhas x Épocas	0,444 NS	0,157 *	0,002 NS
Testemunhas vs Linhagens x Épocas	0,942 *	0,057 NS	0,003 NS
Erro 3	0,352	0,061	0,003
CV	14,08	14,04	36,37

NS, *, ** = não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente

Tabela 3 Resumo da análise de variância para severidade de mancha angular em parcelas de campo (SC), severidade em folíolos amostrados (SA) e porcentagem da área foliar lesionada (%AFL), em 37 linhagens do programa de seleção recorrente avaliadas aos 7, 14, 21, 28, 33 e 41 dias após o florescimento (DAF)

FV	GL	QM					
		7	14	21	28	33	41
SC							
Tratamentos	36	-	-	**	NS	**	**
Entre ciclos	6	-	-	**	NS	**	**
Entre linhagens-Ciclo I	4	-	-	NS	NS	*	NS
Entre linhagens-Ciclo II	4	-	-	NS	NS	*	NS
Entre linhagens-Ciclo III	4	-	-	*	NS	**	**
Entre linhagens-Ciclo IV	4	-	-	NS	NS	NS	*
Entre linhagens-Ciclo V	4	-	-	NS	NS	NS	*
Entre linhagens-Ciclo VI	4	-	-	NS	NS	NS	NS
Entre linhagens-Ciclo VII	4	-	-	NS	NS	*	NS
Entre testemunhas	1	-	-	NS	NS	**	NS
Testemunhas vs Linhagens	1	-	-	**	NS	NS	NS
Resíduo	72						
CV		-	-	21,75	19,01	15,70	11,63
SA							
Tratamentos	36	NS	NS	NS	NS	*	NS
Entre ciclos	6	NS	NS	**	NS	NS	*
Entre linhagens-Ciclo I	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Entre linhagens-Ciclo II	4	NS	NS	NS	NS	*	NS
Entre linhagens-Ciclo III	4	NS	NS	NS	NS	*	NS
Entre linhagens-Ciclo IV	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Entre linhagens-Ciclo V	4	NS	NS	*	NS	NS	NS
Entre linhagens-Ciclo VI	4	NS	NS	NS	*	*	NS
Entre linhagens-Ciclo VII	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Entre testemunhas	1	NS	NS	**	NS	NS	NS
Testemunhas vs Linhagens	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Resíduo	72						
CV		18,87	22,64	18,37	12,75	10,59	6,50

Tabela 3, continuação

FV	GL	QM					
		7	14	21	28	33	41
		%AFL					
Tratamentos	36	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Entre ciclos	6	NS	NS	NS	NS	*	NS
Entre linhagens-Ciclo I	4	NS	NS	NS	*	NS	NS
Entre linhagens-Ciclo II	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Entre linhagens-Ciclo III	4	NS	*	NS	NS	NS	NS
Entre linhagens-Ciclo IV	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Entre linhagens-Ciclo V	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Entre linhagens-Ciclo VI	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Entre linhagens-Ciclo VII	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Entre testemunhas	1	NS	NS	*	NS	NS	NS
Testemunhas vs Linhagens	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Resíduo	72						
CV		65,65	37,01	34,44	36,88	34,45	25,31

NS, *, ** = não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente

Tabela 4 Notas médias para severidade de mancha angular em parcelas de campo (SC), em folíolos amostrados (SA) e percentual de área foliar lesionada (%AFL) nos sete ciclos de seleção recorrente e das testemunhas Carioca MG e Pérola, em avaliações realizadas aos 7, 14, 21, 28, 33 e 41 dias após o florescimento (DAF)

Ciclos/ Testemunhas	DAF					
	7	14	21	28	33	41
	SC					
Ciclo I	-	-	3,27 A ¹	4,07 A	4,93 B	6,33 B
Ciclo II	-	-	3,60 A	4,20 A	4,60 B	5,87 B
Ciclo III	-	-	2,47 A	3,67 A	4,20 A	5,53 B
Ciclo IV	-	-	2,80 A	3,53 A	3,80 A	4,93 A
Ciclo V	-	-	3,13 A	4,07 A	4,60 B	5,73 B
Ciclo VI	-	-	2,87 A	4,07 A	4,20 A	5,67 B
Ciclo VII	-	-	2,80 A	3,73 A	3,80 A	4,93 A
Carioca MG	-	-	3,33 B	4,00 A	3,67 A	5,33 A
Pérola	-	-	4,33 C	5,00 B	5,33 B	5,67 B
Média	-	-	3,04	3,94	4,32	5,57
	SA					
Ciclo I	1,23 A	2,47 A	2,87 B	3,73 A	5,00 A	6,73 A
Ciclo II	1,43 A	2,07 A	2,47 B	4,00 A	4,60 A	6,40 A
Ciclo III	1,23 A	1,80 A	2,40 B	3,20 A	4,07 A	6,27 A
Ciclo IV	1,57 A	1,93 A	2,67 B	3,47 A	4,20 A	6,13 A
Ciclo V	1,37 A	2,40 A	2,93 B	3,33 A	4,53 A	6,47 A
Ciclo VI	1,33 A	2,00 A	2,53 B	3,20 A	4,67 A	6,33 A
Ciclo VII	1,33 A	1,73 A	1,73 A	3,40 A	4,27 A	5,73 A
Carioca MG	1,67 A	2,33 A	1,67 A	3,33 A	3,33 A	7,33 A
Pérola	1,67 A	2,00 A	3,67 B	3,00 A	4,67 A	6,33 A
Média	1,37	2,06	2,52	3,46	4,45	6,32

Tabela 4, continuação

Ciclos/ Testemunhas	DAF					
	7	14	21	28	33	41
	%AFL					
Ciclo I	0,78 A	0,65 A	1,18 A	2,23 A	3,44 A	19,04 A
Ciclo II	0,70 A	0,62 A	1,27 A	2,37 A	3,11 A	12,79 A
Ciclo III	0,87 A	0,82 A	1,05 A	1,20 A	1,69 A	16,43 A
Ciclo IV	0,77 A	0,50 A	0,92 A	1,54 A	2,25 A	12,55 A
Ciclo V	0,68 A	0,78 A	1,71 A	1,68 A	2,82 A	17,57 A
Ciclo VI	0,57 A	0,61 A	1,09 A	1,33 A	2,67 A	12,63 A
Ciclo VII	0,71 A	0,48 A	0,92 A	1,52 A	1,78 A	12,54 A
Carioca MG	1,15 A	0,44 A	0,83 A	0,98 A	1,48 A	17,88 A
Pérola	0,74 A	0,64 A	2,48 B	1,40 A	1,96 A	13,90 A
Média	0,74	0,63	1,19	1,67	2,49	14,85

¹ Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade

A seleção recorrente é um acúmulo de vantagens, ou seja, um acúmulo de alelos favoráveis oriundos de genitores diferentes (RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2001). Assim sendo, como esperado, nas épocas e métodos de avaliação em que houve formação de grupos de linhagens pelo teste de Scott Knott, as linhagens do Ciclo VII estiveram sempre no grupo das mais resistentes, indicando que as linhagens deste ciclo possuem maior nível de resistência ao fungo.

É importante ressaltar o ocorrido com as testemunhas Carioca MG e Pérola. A cultivar Carioca MG desde o início desse programa foi utilizada como testemunha suscetível à mancha angular, pois sempre apresentava muitos sintomas da doença, e a Pérola como padrão de cultivar de grãos tipo carioca com bom nível de resistência (AMARO et al., 2007; ARANTES; ABREU; RAMALHO, 2010). Entretanto, nesse trabalho, na avaliação da SA e %AFL, na maioria das épocas, a Carioca MG e Pérola foram classificadas pelo teste Scott-

Knott como tendo o mesmo nível de resistência, sendo que pela SC a Carioca MG foi classificada como ainda mais resistente que a Pérola. O mesmo fato foi observado em avaliações dessas linhagens em outras safras na mesma região (LIMA et al., 2011; REZENDE; ABREU; RAMALHO, 2011). Uma possível explicação é que, apesar do genótipo das linhagens não ter mudado, as raças do patógeno mais frequentes de uma região mudam com o tempo, em função do plantio de cultivares com diferentes padrões de resistência, conforme já verificado em diversos levantamentos da variabilidade desse patógeno (SARTORATO; ALZATE-MARIN, 2004; SILVA et al., 2008). Assim sendo, provavelmente houve uma inversão de raças, e a Carioca MG mostrou-se moderadamente resistente àquelas que atualmente são as mais frequentes no sul de Minas Gerais.

4.2 Avaliação da Mancha Angular nas vagens

Apesar de sintomas da mancha angular serem observados principalmente nas folhas e nas vagens do feijão, na literatura o número de trabalhos que envolve a avaliação nas vagens é reduzido (BOREL et al., 2011; VIEIRA et al., 2009). Os sintomas nas vagens normalmente são mascarados pela presença das folhas, que dificultam a avaliação das mesmas. Apesar disso, é importante mensurar esses sintomas, uma vez que também são responsáveis pela redução da qualidade dos grãos e, provavelmente, da produtividade.

A análise de variância para severidade de mancha angular nas vagens encontra-se na Tabela 5. O efeito de tratamentos foi significativo ($P \leq 0,01$), indicando que existe pelo menos uma linhagem que difere das demais quanto à resistência nas vagens. O efeito entre ciclos também foi significativo ($P \leq 0,01$), evidenciando que a média das linhagens dos ciclos diferem significativamente.

Também foi verificada diferença significativa entre as linhagens dentro do Ciclo III, Ciclo IV e do Ciclo VII.

As notas médias das linhagens de cada ciclo e das testemunhas Carioca MG e Pérola encontram-se na Tabela 6. Para a vagem, novamente as testemunhas apresentaram severidade da doença semelhante, agrupando-se juntamente com as linhagens dos Ciclos I, II e V. As linhagens dos ciclos III, IV, VI e VII apresentaram as menores notas médias e podem ser consideradas com maior nível de resistência, de acordo com o teste de Scott e Knott (1974). É interessante notar que houve grande coincidência entre o agrupamento pelo teste de Scott-Knott para avaliação nas vagens e para avaliação nas folhas pela SC aos 33 DAF (Tabela 4), época que proporcionou maior poder de discriminação de tratamentos (Tabela 3). Considerando a importância de se proceder a avaliação da mancha angular também nas vagens, discutida anteriormente, esta coincidência é mais um bom indício de que as avaliações da doença devem ser realizadas aos 33 DAF.

A variabilidade entre genótipos de feijoeiro para resistência à mancha angular nas vagens também foi discutida em outros trabalhos. Vieira et al. (2009) verificaram a incidência de vagens com sintomas e o número médio de sintomas por vagem, e concluíram que as cultivares avaliadas diferiram. Parrela (2008) amostrou vagens das parcelas e utilizou o software Quant para quantificar a área doente e sadia da vagem, e também concluiu que as linhagens diferiram quanto à resistência à mancha angular nas vagens. Já Borel et al. (2011), em estudos de herança da resistência, constatou que a reação à mancha angular nas folhas e nas vagens é controlada por genes diferentes.

Os dados deste trabalho confirmam as constatações de Borel et al. (2011). A testemunha Carioca MG, por exemplo, na avaliação da severidade nas folhas aos 41 DAF foi agrupada entre as mais resistentes (Tabela 4). Já na avaliação da severidade nas vagens, foi agrupada entre as mais suscetíveis. Esta

variação confirma que o padrão de resistência nas folhas é distinto do padrão de resistência nas vagens.

Tabela 5 Resumo da análise de variância para severidade de mancha angular nas vagens aos 41 dias após o florescimento em 37 linhagens do programa de seleção recorrente, utilizando escala proposta por Borel et al. (2011)

FV	GL	QM
Tratamentos	36	3,53**
Entre ciclos	6	7,43**
Entre linhagens - Ciclo I	4	1,73 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo II	4	2,23 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo III	4	4,83**
Entre linhagens - Ciclo IV	4	3,60*
Entre linhagens - Ciclo V	4	2,73 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo VI	4	2,23 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo VII	4	3,00*
Entre testemunhas	1	0,17 ^{NS}
Testemunhas vs Linhagens	1	0,80 ^{NS}
Resíduo	72	1,21
CV	24,52	
Média Geral	4,48	

NS, *, ** = não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente

Tabela 6 Notas médias aos 41 dias após o florescimento para severidade de mancha angular nas vagens nos sete ciclos de seleção recorrente e nas testemunhas Carioca MG e Pérola

	Média	Scott Knott ¹
Ciclo I	5,73	B
Ciclo II	4,93	B
Ciclo III	4,00	A
Ciclo IV	3,87	A
Ciclo V	4,60	B
Ciclo VI	3,73	A
Ciclo VII	4,33	A
Carioca MG	4,67	B
Pérola	5,00	B

¹ Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade

4.3 Área abaixo da curva de progresso da doença

A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) é um método de avaliação de doenças que possibilita quantificar a ação do patógeno quando mais de uma avaliação é realizada, permitindo verificar o progresso da doença ao longo do tempo. Nesse trabalho a AACPD foi obtida considerando a avaliação da severidade da doença no campo, nas amostras coletadas e pela %AFL.

Por este método, mais uma vez a SC se mostrou mais eficiente que as demais para discriminar tratamentos (Tabela 7). Houve certa coincidência no entanto com a SA. Já pelo %AFL foi verificada diferença apenas entre ciclos ($P \leq 0,01$). Confirmando resultados anteriores, houve diferença entre as linhagens do Ciclo III, mas também entre as do Ciclo II, evidenciados tanto pela SC quanto SA. Os coeficientes de variação tanto para SC e SA foram de baixa magnitude quando comparados à análises anteriores, indicando que este método avalia a resistência das cultivares com maior precisão. Essa precisão na avaliação é muito importante, principalmente nesse caso, em que foram avaliadas linhagens de ciclos sucessivos de seleção recorrente, pois as diferenças a serem detectadas são cada vez menores.

A AACPD nada mais é do que a soma das áreas dos trapézios obtidos em um gráfico cuja abcissa é composta pelas épocas de avaliação. Assim sendo, quanto maior seu valor absoluto, maior a ação do patógeno sobre o hospedeiro. Vale lembrar, no entanto, que apesar da média geral para AACPD-SC ter sido a de menor valor absoluto (87,9), foram realizadas apenas quatro avaliações por este método, e nos demais seis. Assim, não é possível comparar os valores absolutos da AACPD-SC com os da AACPD-SA e AACPD-%AFL, até mesmo porque a unidade deste último é diferente.

Tabela 7 Resumo da análise de variância para a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em avaliações quanto à severidade de mancha angular em parcelas de campo (AACPD-SC) aos 21, 28, 33 e 41 dias após o florescimento (DAF), severidade na amostra (AACPD-SA) e percentual da área foliar lesionada (AACPD-%AFL) aos 7, 14, 21, 28, 33 e 41 DAF

FV	QM		
	SC	SA	%AFL
Tratamentos	371,36 **	350,42 **	1526,49 ^{NS}
Entre ciclos	157,27 **	192,20 **	829,10 **
Entre linhagens - Ciclo I	215,19 ^{NS}	195,91 ^{NS}	254,18 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo II	282,56 *	394,01 *	1619,07 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo III	782,77 **	383,01 *	1857,47 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo IV	72,27 ^{NS}	246,34 ^{NS}	288,13 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo V	152,30 ^{NS}	164,57 ^{NS}	1364,46 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo VI	127,4 ^{NS}	85,53 ^{NS}	745,00 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo VII	229,89 ^{NS}	165,77 ^{NS}	1391,07 ^{NS}
Entre testemunhas	816,66 **	308,16 ^{NS}	1,87 ^{NS}
Testemunhas vs Linhagens	384,74 ^{NS}	0,07 ^{NS}	1,03 ^{NS}
Erro	108,41	150,21	1062,23
CV	11,85	10,95	32,28
Média Geral	87,88	111,89	100,96

NS, * = não significativo e significativo a 5%, respectivamente

Uma das críticas ao método da SC é a possibilidade de superestimação das notas em função das plantas com maior incidência de sintomas. No entanto, o CV de baixa magnitude agregado a um maior número de fontes de variação significativas mostram que o método aplicado à SC foi o mais indicado para a avaliação da severidade de mancha angular por meio da AACPD.

De modo concordante com a análise de variância da Tabela 7, o teste de médias para AACPD evidenciou grupos distintos apenas para SC e SA (Tabela 8). Conforme comentado anteriormente, a testemunha Pérola, que era considerada com bom nível de resistência, foi a que demonstrou maior suscetibilidade à mancha angular pela SC. Já a Carioca MG, que era considerada

suscetível, foi agrupada entre as mais resistentes. Esta última, juntamente com as linhagens dos Ciclos III, IV, VI e VII foram a que apresentaram o menor progresso da doença, e portanto podem ser consideradas as mais resistentes por este método.

Tabela 8 Área abaixo da curva do progresso da doença para os sete ciclos de seleção recorrente e testemunhas Carioca MG e Pérola, em avaliações quanto à severidade de mancha angular em parcelas de campo (AACPD-SC), severidade na amostra (AACPD-SA) e percentual da área foliar lesionada (AACPD-%AFL)

	AACPD-SC	AACPD-SA	AACPD-%AFL
Ciclo I	96,6 B ¹	123,5 B	127,5 A
Ciclo II	94,7 B	116,3 B	101,2 A
Ciclo III	83,1 A	104,4 A	100,0 A
Ciclo IV	78,4 A	110,3 A	86,8 A
Ciclo V	91,7 B	117,5 B	118,5 A
Ciclo VI	87,7 A	111,3 A	89,7 A
Ciclo VII	79,8 A	100,0 A	83,1 A
Carioca MG	84,0 A	104,8 A	100,0 A
Pérola	107,3 C	119,2 B	101,1 A

¹ Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade

4.4 Produtividade de grãos

No programa de seleção recorrente utilizado neste trabalho, o objetivo principal é a resistência à mancha angular. No entanto, faz pouco sentido obter uma cultivar com alto grau de resistência e pouco produtiva. Assim, durante a avaliação das progênies geradas em cada ciclo, além da resistência ao patógeno sempre se leva em conta também a produtividade de grãos.

Na análise de variância para produtividade de grãos (kg/ha) foi verificada diferença significativa ($P \leq 0,05$) apenas entre as linhagens do Ciclo I (Tabela 9).

Tabela 9 Resumo da análise de variância para produtividade de grãos (kg/ha) de 37 linhagens do programa de seleção recorrente para mancha angular no feijoeiro

FV	GL	QM
Tratamentos	36	301415,35 ^{NS}
Entre ciclos	6	427080,73 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo I	4	706104,00*
Entre linhagens - Ciclo II	4	109521,00 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo III	4	193665,00 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo IV	4	63083,00 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo V	4	180833,00 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo VI	4	319417,00 ^{NS}
Entre linhagens - Ciclo VII	4	261875,00 ^{NS}
Entre testemunhas	1	338437,00 ^{NS}
Testemunhas vs Linhagens	1	725213,90 ^{NS}
Resíduo	72	258306,96
CV	20,80	
Média Geral	2443	

NS, * = não significativo e significativo a 5%, respectivamente

A ausência de diferença significativa entre ciclos, até certo ponto, pode ser considerado como um resultado inesperado. Contudo, como mencionado anteriormente, no decorrer do avanço das gerações em cada ciclo de seleção recorrente, são também selecionadas as linhagens com maior produtividade de grãos. No final de cada ciclo são mantidas apenas em torno de 14 linhagens que reúnem maior nível de resistência e produtividade de grãos. Dentre essas 14 melhores de cada ciclo, nesse trabalho foram ainda consideradas apenas as cinco superiores. Dessa forma, fica difícil detectar diferença entre elas. Deve ser

ressaltado, entretanto, que a produtividade das linhagens foi semelhante à da cultivar Pérola, que é uma das mais semeadas pelos agricultores (Tabela 10).

Amaro et al. (2007) e Arantes, Abreu e Ramalho (2010) avaliaram a eficiência desse programa de seleção recorrente utilizando progênies $S_{0:1}$ e também considerando a produtividade de grãos, além da severidade da doença. Nesse caso, como trabalharam com a primeira geração após a obtenção das progênies, conseguiram detectar variabilidade para as duas características entre os diferentes ciclos.

Tabela 10 Produtividade média (kg/ha) das linhagens dos sete ciclos de seleção recorrente e das testemunhas Carioca MG e Pérola, avaliadas em Lavras-MG na safra da “seca” de 2011

Linhagens	Média
Ciclo I	2403
Ciclo II	2260
Ciclo III	2178
Ciclo IV	2463
Ciclo V	2542
Ciclo VI	2402
Ciclo VII	2683
Carioca MG	3017
Pérola	2542

4.5 Correlações

Como foram utilizados vários métodos de avaliação da mancha angular no feijoeiro, foram obtidas as estimativas das correlações de Spearman entre eles em cada época de avaliação para verificar o grau de associação entre os resultados obtidos. Também foram estimadas as correlações entre os métodos e outras variáveis de interesse, como a produtividade de grãos.

Com excessão da avaliação aos 28 DAF, as correlações entre a SC e SA foram de magnitude intermediária, porém significativas, indicando que os dois métodos forneceram resultados semelhantes (Tabela 11). Considerando a viabilidade prática dos dois métodos, pode-se considerar, portanto, que a SC deve ser preferencialmente empregada. Essa informação é importante principalmente quando se considera que, nas gerações iniciais de cada ciclo de seleção recorrente, são avaliadas em torno de 400 progênies com duas repetições, totalizando 800 parcelas. Fica fácil visualizar que a coleta de amostras em todas essas parcelas seria extremamente laborioso.

As correlações entre SC e %AFL foram, na maioria das épocas, não significativa (Tabela 11). Provavelmente, isso se deve ao fato de que na avaliação da SC, há tendência de superestimar os sintomas da doença. Contudo, como se deseja selecionar as progênies resistentes e que as análises anteriores evidenciaram maior poder de discriminação de tratamentos pelo método da SC, novamente há indícios de que o mesmo deve ser preferencialmente utilizado, principalmente considerando sua viabilidade prática.

Correlações elevadas foram estimadas entre SA e %AFL (Tabela 11). Como o %AFL fornece o percentual exato com sintomas da doença nas folhas amostradas, a alta correlação entre SA e %AFL mostra a precisão na avaliação da SA. A alta correlação, aliada ao maior poder de discriminação de tratamentos, indicam também que o método da SA pode ser feito em substituição ao %AFL, que é muito mais laborioso que o primeiro. Assim, nas gerações finais de cada ciclo de seleção recorrente, como o número de progênies já é bem reduzido, a avaliação da SA poderia ser realizada juntamente com a SC.

A maioria das correlações entre SC, SA e %AFL com as notas nas vagens foram significativas. Isto não indica, no entanto, que a avaliação nas vagens seja desnecessária, uma vez que, como já comentado, há evidências de que o controle genético da resistência nas folhas é diferente do observado nas

vagens (BOAREL et al., 2011). Dessa forma, a avaliação das vagens é uma característica a mais que pode auxiliar na seleção para a resistência à mancha angular.

Tabela 11 Estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman entre severidade no campo (SC), severidade na amostra (SA), porcentagem da área foliar lesionada (%AFL), severidade nas vagens (SV) e produtividade de grãos (Prod), para avaliações realizadas aos 7, 14, 21, 28, 33 e 41 dias após o florescimento (DAF)

DAF	SC x SA	SC x %AFL	SC x SV	SC x Prod	SA x %AFL	SA x SV	SA x Prod	%AFL x SV	%AFL x Prod
7	-	-	-	-	0,72 (<,001)	-0,13 (0,183)	0,18 (0,051)	-0,09 (0,332)	0,12 (0,214)
14	-	-	-	-	0,65 (<,001)	0,14 (0,150)	-0,06 (0,489)	0,18 (0,055)	-0,17 (0,066)
21	0,35 (0,001)	0,36 (0,001)	0,28 (0,003)	-0,06 (0,543)	0,65 (<,001)	0,22 (0,017)	-0,24 (0,011)	0,21 (0,022)	-0,26 (0,005)
28	0,07 (0,460)	0,03 (0,758)	0,29 (0,002)	-0,17 (0,071)	0,77 (<,001)	0,25 (0,008)	-0,11 (0,235)	0,27 (0,003)	-0,07 (0,455)
33	0,25 (0,006)	0,16 (0,093)	0,36 (<,001)	-0,14 (0,143)	0,71 (<,001)	0,14 (0,140)	-0,02 (0,827)	0,18 (0,063)	-0,04 (0,670)
41	0,32 (<0,001)	0,18 (0,056)	0,33 (<0,001)	-0,04 (0,651)	0,72 (<,001)	0,34 (<0,001)	-0,18 (0,059)	0,36 (<,001)	-0,21 (0,025)

¹⁾ Entre parêntesis a probabilidade de significância pelo teste t

Quase a totalidade das correlações entre os métodos de avaliação e a produtividade de grãos foi negativa, apesar de algumas não terem sido significativas. Isso indica que, quanto maior a ação do patógeno, maior a nota de severidade ou % da área foliar lesionada, e menor a produtividade de grãos.

Considerando a avaliação da SC, as maiores correlações com a produtividade de grãos ocorreram aos 28 e 33 DAF, indicando que estas épocas são mais indicadas para avaliação da mancha angular. A última época (41 DAF), apesar de ser a mais utilizada, apresentou correlação baixa com a produtividade e, portanto, deve ser evitada. Esses resultados estão de acordo com os observados anteriormente, que indicaram que a avaliação da SC aos 41 DAF não foi adequada para a discriminação das linhagens. No entanto, quando foi considerada a severidade nas folhas amostradas e o %AFL, a avaliação aos 41 DAF também apresentou correlação negativa e significativa com a produtividade de grãos.

As correlações de todas as AACPD com a severidade nas vagens foram semelhantes e significativas (Tabela 12). Vale ressaltar que a presença das vagens se inicia justamente quando a epidemia de mancha angular tem início, ou seja, após o florescimento. Assim sendo, as vagens acompanham todo o progresso da doença, e talvez por isso as estimativas de correlação entre as AACPD para avaliações nas folhas (independente do método) e nas vagens sejam de magnitude considerável, porém todas menores que 1. A correlação só seria completa se os genes que conferem resistência nas folhas fossem os mesmos das vagens. Conforme já salientado, há evidências de que esse fato não ocorre (BOREL et al., 2011).

Correlação baixa e não significativa foi encontrada entre severidade nas vagens e produtividade ($r = -0,10$). Assim, pode-se inferir que a redução na produtividade causada pela doença seja em decorrência da desfolha precoce,

com conseqüente redução no carregamento de fotoassimilados para o enchimento de grãos (JESUS JUNIOR et al., 2001).

Tabela 12 Estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman entre a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) com avaliações de campo (AACPD-SC), AACPD com avaliações nos folíolos amostrados (AACPD-SA), AACPD com o percentual da área foliar lesionada (AACPD-%AFL), severidade nas vagens e a produtividade de grãos (PROD)

	AACPD-SC	AACPD-SA	AACPD-AFL	VAGEM	PROD
AACPD-SC	1	0,55 (<,001)	0,46 (<,001)	0,40 (<,001)	-0,17 (0,070)
AACPD-SA	-	1	0,59 (<,001)	0,39 (<,001)	-0,20 (0,030)
AACPD-AFL	-	-	1	0,48 (<,001)	-0,25 (0,006)
VAGEM	-	-	-	1	-0,10 (0,294)

⁰ Entre parêntesis a probabilidade de significância pelo teste t

4.6 Progresso genético

Em um programa de seleção recorrente, como em qualquer método de melhoramento, é importante que se faça a avaliação dos ganhos como indicativo do sucesso do programa ou da necessidade de mudanças. Amaro et al. (2007) e Arantes, Abreu e Ramalho (2010) já avaliaram a eficiência do programa de seleção recorrente alvo deste estudo. Contudo, para isso foram utilizadas progênies $S_{0.1}$. Como o objetivo de qualquer programa de melhoramento de plantas autógamas é obter, no final, linhagens superiores, nesse trabalho

utilizou-se linhagens dos sete primeiros ciclos desse programa, além de diversas metodologias de avaliação.

Todas as avaliações realizadas para SC, SA e %AFL mostram que houve progresso genético com a seleção recorrente. Os coeficientes de determinação, que indicam o ajustamento dos dados à equação de regressão linear foram, na maioria dos métodos, superiores à 40%. Apesar de não terem sido elevados, foram superiores aos obtidos por Amaro et al. (2007) e Arantes, Abreu e Ramalho (2010). É interessante observar que as maiores magnitudes de R^2 e de ganho, de maneira geral foram obtidas nas épocas e métodos que se mostraram mais eficientes na discriminação das linhagens comentadas anteriormente (Tabelas 13, 14, 15 e 16). A SC avaliada aos 33 DAF, por exemplo, mostrou um ganho de 2,79% por ciclo no sentido de reduzir a doença (Tabela 13). Aos 21 DAF para SA, o ganho estimado foi de -3,4% (Tabela 14), e para %AFL o maior ganho ocorreu com a avaliação aos 28 DAF, -5,98% (Tabela 15). Com exceção da avaliação aos 7 DAF para SA, que também apresentou R^2 muito baixo, o progresso genético foi sempre negativo, o que indica que as notas reduziram com o avançar dos ciclos, ou seja, a seleção recorrente está proporcionando aumento da resistência ao fungo.

Tabela 13 Coeficientes de regressão linear (b_0 e b_1) e progresso genético (PG) com a seleção, utilizando as médias dos ciclos de seleção recorrente para mancha angular, em avaliações em parcelas de campo (SC) realizadas aos 21, 28, 33 e 41 dias após o florescimento (DAF)

	DAF			
	21	28	33	41
b_0	3,31	4,03	4,85	6,20
b_1	-0,08	-0,03	-0,14	-0,16
PG(%)	-2,39	-0,78	-2,79	-2,54
R^2 (%)	21,09	7,00	46,77	45,37

Tabela 14 Coeficientes de regressão linear (b_0 e b_1) e progresso genético (PG) com a seleção, utilizando as médias dos ciclos de seleção recorrente para mancha angular, em avaliações nos folíolos amostrados (SA) realizadas aos 7, 14, 21, 28, 33 e 41 dias após o florescimento (DAF)

	DAF					
	7	14	21	28	33	41
b_0	1,32	2,31	2,91	3,83	4,70	6,71
b_1	0,01	-0,06	-0,10	-0,09	-0,06	-0,11
PG(%)	0,65	-2,72	-3,40	-2,30	-1,21	-1,56
R^2	2,43	23,01	28,73	41,68	14,71	53,30

Tabela 15 Coeficientes de regressão linear (b_0 e b_1) e progresso genético (PG) com a seleção, utilizando as médias dos ciclos de seleção recorrente para mancha angular, em avaliações do percentual da área foliar lesionada (%AFL) realizadas aos 7, 14, 21, 28, 33 e 41 dias após o florescimento (DAF)

	DAF					
	7	14	21	28	33	41
b_0	0,82	0,72	1,23	2,23	3,21	17,46
b_1	-0,02	-0,02	-0,02	-0,13	-0,17	-0,67
PG(%)	-2,87	-2,83	-1,39	-5,98	-5,26	-3,82
R^2	29,37	11,78	1,84	42,29	30,56	26,39

Uma das vantagens de se utilizar a AACPD é a possibilidade de se poder calcular o progresso genético de maneira mais precisa, pois no cálculo estão envolvidas todas as épocas de avaliação. Tanto a AACPD-SC quanto a AACPD-SA evidenciaram que houve progresso em torno de -2,0% para severidade de mancha angular com o avanço dos ciclos, e a AACPD-%AFL mostrou que houve progresso da ordem de -4,0% (Tabela 16). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Amaro et al. (2007) e Arantes, Abreu e Ramalho (2010), confirmando a eficiência desse programa de seleção recorrente.

Conforme mencionado, apesar de normalmente não se fazer a mensuração dos sintomas nas vagens, a estimativa do progresso genético (-

4,03%) indicou que a resistência também aumentou nesta parte da planta, com o avanço dos ciclos, sendo inclusive duas vezes superior ao ganho nas folhas pela AACPD-SC. Uma explicação para isto é o fato de a avaliação normalmente ser feita no final do ciclo, quando é possível visualizar os sintomas nas vagens, e de certa maneira estes sintomas podem estar sendo levados em conta na avaliação da severidade da doença.

Para produtividade de grãos, o progresso genético estimado foi de 2,41%. Isto indica novamente que as linhagens dos ciclos mais avançados são mais produtivas que as dos ciclos iniciais. Como tem sido verificado por outros autores (SARTORATO; RAVA, 1992; SINGH; SCHWARTZ, 2010) e também neste trabalho que a mancha angular causa perdas em produtividade, provavelmente a maior resistência das linhagens dos ciclos mais avançados é um fator importante que reduz a ação do patógeno sobre a planta, e que contribui para este incremento em produtividade observado. Além do mais deve ser considerado que, durante o avanço das gerações em cada ciclo de seleção recorrente, também é levada em consideração a produtividade de grãos, conforme comentado.

Tabela 16 Coeficientes de regressão linear (b_0 e b_1) e progresso genético (PG) com a seleção, utilizando as médias dos ciclos de seleção recorrente para mancha angular, avaliados quanto à produtividade (PROD), severidade nas vagens, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em avaliações em parcelas de campo (AACPD-SC), AACPD nos folíolos amostrados (AACPD-SA) e AACPD do percentual da área foliar lesionada (AACPD-%AFL)

	PROD	VAGEM	AACPD-SC	AACPD-SA	AACPD-%AFL
b_0	2206,31	5,31	95,40	121,53	120,64
b_1	53,11	-0,21	-1,99	-2,41	-4,92
PG(%)	2,41	-4,03	-2,09	-1,98	-4,08
R^2	46,23	43,40	35,44	42,02	40,81

5 CONCLUSÕES

A severidade em parcelas de campo utilizando escalas de notas é o método mais indicado para avaliar a mancha angular no feijoeiro, por ser mais viável em termos práticos e proporcionar maior poder de discriminação entre tratamentos.

A melhor época para avaliar a doença é em torno de 30 dias após o florescimento, pois possibilita maior discriminação entre tratamentos e tem maior correlação com a produtividade de grãos.

A seleção recorrente é eficiente para aumentar a resistência à mancha angular e a produtividade de grãos do feijoeiro.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5th ed. New York: Elsevier, 2005. 922 p.
- ALLORENT, D.; SAVARY, S. Epidemiological characteristics of angular leaf spot of bean: a systems analysis. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 113, n. 4, p. 329-341, Dec. 2005.
- ALZATE-MARIN, A. L. et al. Seleção assistida por marcadores moleculares visando ao desenvolvimento de plantas resistentes a doenças, com ênfase em feijoeiro e soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 333-342, jul./ago. 2005.
- AMARO, G. B. et al. Phenotypic recurrent selection in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with carioca-type grains for resistance to the fungi *Phaeoisariopsis griseola*. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 30, n. 3, p. 584-588, Sept. 2007.
- ARANTES, L. de O.; ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P. Eight cycles of recurrent selection for resistance to angular leaf spot in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 10, n. 3, p. 232-237, Sept. 2010.
- BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia, doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. v. 2, p. 376-379.
- BOREL, J. C. et al. Inheritance of resistance to angular leaf spot in the bean pods. **Annual Report of Bean Cooperative**, Fort Collins, v. 53, p. 230-231, 2010.
- BOTELHO, F. B. S. et al. Multiline as a strategy to reduce damage caused by *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean. **Journal of Phytopathology**, Oxford, v. 159, n. 1, p. 175-180, Feb. 2011.

CAIXETA, E. F. et al. Allelic relationships for genes that confer resistance to angular leaf spot in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 145, n. 3, p. 237-245, Oct. 2005.

_____. Inheritance of angular leaf spot resistance in common bean line BAT 332 and identification of RAPD markers linked to the resistance gene. **Euphytica**, Wageningen, v. 134, n. 3, p. 297-303, Dec. 2003.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Monitoring epidemics diseases. In: _____. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley, 1990. p. 107-128.

CARVALHO, G. A. et al. Herança da resistência da linhagem AND-277 de feijoeiro comum à raça 63-23 de *Phaeoisariopsis griseola* e identificação de marcador RAPD ligado ao gene de resistência. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 482-485, out./dez. 1998.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA DO FEIJÃO. **Produção**. Disponível em: <<http://www.cifeijao.com.br/>>. Acesso em: 5 out. 2011.

COELHO, R. R. et al. Determinação das condições climáticas que favorecem o desenvolvimento da ferrugem e da mancha angular do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 508-514, set./out. 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safras**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 5 out. 2011.

CORRÊA, R. X. et al. Herança da resistência à mancha angular do feijoeiro e identificação de marcadores moleculares flanqueando o loco de resistência. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 27-32, jan./mar. 2001.

CORREA-VICTORIA, F. J.; PASTOR-CORRALES, M. A.; SAETLER, A. W. Mancha angular de la hoja. In: PASTOR-CORRALES, M. A.; SCHWARTZ, H. F. (Ed.). **Problemas de producción del frijol em los trópicos**. Cali: CIAT, 1994. p. 67-86.

CROUS, P. W. et al. Re-evaluating the taxonomic status of *Phaeoisariopsis griseola*, the causal agent of angular leaf spot on bean. **Studies in Mycology**, Utrecht, v. 55, n. 1, p. 163-173, Jan. 2006.

CUNHA, W. G. da; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Selection aiming at upright growth habit common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 5, n. 4, p. 379-386, 2005.

FERREIRA, C. F. et al. Inheritance of angular leaf spot resistance in common bean and identification of a RAPD marker linked to a resistance gene. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 4, p. 1130-1133, July 2000.

FRANCO, M. C. et al. Combining ability for nodulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes from Andean and Middle American gene pools. **Euphytica**, Wageningen, v. 118, n. 3, p. 265-270, Apr. 2001.

GARCÍA, R. et al. Recurrent selection for quantitative resistance to soil-borne diseases in beans in the Mixteca region, Mexico. **Euphytica**, Wageningen, v. 130, n. 2, p. 241-247, Mar. 2003.

GERALDI, I. O. Selección recurrente em el mejoramiento de plantas. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Selección recurrente em arroz**. Cali: CIAT, 1997. p. 3-11.

GODOY, C. V. et al. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. **Zeitschrift Fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, Stuttgart, v. 104, n. 4, p. 336-345, 1997.

GUIMARÃES, C. M. et al. Evaluation of recurrent selection families for tolerance to water deficit in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 53, p. 162-163, Mar. 2010.

HABGOOD, R. M. Designation of physiological races of plant pathogens. **Nature**, London, v. 227, n. 19, p. 1268-1269, Sept. 1970.

HALL, R. **Compendium of bean diseases**. Ontario: The American Phytopathological Society, 1991. 17 p.

HITTALMANI, S. et al. Fine mapping and DNA marker-assisted pyramiding of the three major genes for blast resistance in rice. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 7, n. 7, p. 1121-1128, May 2000.

JESUS JUNIOR, W. C. et al. Effects of angular leaf spot and rust on yield loss of *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 91, n. 11, p. 1045-1053, 2001.

KELLY, J. D.; ADAMS, M. W. Phenotypic recurrent selection in ideotype breeding of pinto beans. **Euphytica**, Wageningen, v. 36, n. 1, p. 69-80, Mar. 1987.

KELLY, J. D.; VALLEJO, V. A. A comprehensive review of the major genes conditioning resistance to anthracnose in common bean. **HortScience**, Alexandria, v. 39, n. 6, p. 1196-1207, Dec. 2004.

LIMA, D. C. et al. Avaliação de linhagens de feijoeiro de um programa de seleção recorrente quanto à reação a raça 63-31 de *pseudocercospora griseola*. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2011. 1 CD-ROM.

MAHUKU, G. S.; IGLESIAS, A. M.; JARA, C. Genetics of angular leaf spot resistance in the Andean common bean accession G5686 and identification of markers linked to the resistance genes. **Euphytica**, Wageningen, v. 167, n. 3, p. 381-396, June 2009.

MATOS, J. W.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Trinta e dois anos do programa de melhoramento do feijoeiro comum em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1749-1754, nov./dez. 2007.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 833-838, 2008.

MIKLAS, P. N. et al. Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: from classical to MAS breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 147, n. 1, p. 105-131, 2006.

MONDA, E. T.; SENDERS, F. E.; HICK, A. Infection and colonization of bean leaf by *Phaeoisariopsis griseola*. **Plant Pathology**, Honolulu, v. 50, n. 1, p. 103-110, Jan. 2001.

NAMAYANJA, A. et al. Inheritance of resistance to angular leaf spot in common bean and validation of the utility of resistance linked markers for marker assisted selection outside the mapping population. **Euphytica**, Wageningen, v. 151, n. 3, p. 361-369, Oct. 2006.

NETER, J.; WASSERMAN, W. **Applied linear statistical models**: regression, analysis of variance and experimental designs. Illinois: R. D. Irwin, 1974. 841 p.

NIETSCHE, S. et al. Genetic diversity of *Phaeoisariopsis griseola* in the State of Minas Gerais, Brazil. **Euphytica**, Wageningen, v. 117, n. 1, p. 77-84, 2001.

_____. RAPD and SCAR markers linked to a gene conferring resistance to angular leaf spot in common bean. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 148, n. 2, p. 117-121, Feb. 2000.

_____. Variabilidade genética da patogenicidade de *Phaeoisariopsis griseola* no Brasil. **Summa Phytopathológica**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 331-335, out. 2002.

PARRELA, R. A. da C. **Alternativas para avaliação de severidade da mancha-angular no feijoeiro comum**. 2008. 90 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

PASTOR-CORRALES, M. A.; JARA, C. E. La evolucion de *Phaeoisariopsis griseola* com el frijol comum en America Latina. **Fitopatologia Colombiana**, Santa Fe de Bogota, v. 19, n. 1, p. 15-22, 1995.

PASTOR-CORRALES, M. A.; JARA, C. E.; SINGH, S. Pathogenic variation in, source of, and breeding for resistance to *Phaeoisariopsis griseola* causing angular leaf spot in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 103, n. 2, p. 161-171, 1998.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado de doenças dos feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 99-112, 2004.

PEREIRA, H. S.; SANTOS, J. B. dos; ABREU, A. de F. B. Linhagens de feijoeiro com resistência à antracnose selecionadas quanto a características agronômicas desejáveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 209-215, mar. 2004.

PEREIRA, P. A. A. et al. Selection for increased nodule number in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and Soil**, The Hague, v. 148, n. 2, p. 203-209, Jan. 1993.

PRIA, M. D.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Quantificação de componentes monocíclicos da mancha angular do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 394-400, jul./ago. 2003.

RAGAGNIN, V. A. et al. Avaliação da resistência de isolinhas de feijoeiro ao *Colletotrichum lindemuthianum*, *Uromyces appendiculatus* e *Phaeoisariopsis griseola*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 6, p. 591-596, nov./dez. 2003.

_____. Development and agronomic performance of common bean lines simultaneously resistant to anthracnose, angular leaf spot and rust. **Plant Breeding**, Berlin, v. 128, n. 1, p. 156-163, Mar. 2009.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. dos. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 144, n. 1, p. 23-29, Feb. 2005.

_____. Melhoramento de plantas autógamas. In: NASS, L. L. et al. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.

REZENDE, B. A.; ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P. Ganho com sete ciclos de seleção recorrente para resistência à mancha angular e produtividade de grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2011. 1 CD-ROM.

ROBINSON, R. A. Permanent and impermanent resistance to crop parasites: a re-examination of the pathosystem concept with special reference to rice blast. **Zeitung Pflanzenzuchtung**, Hamburg, v. 83, p. 1-39, 1979.

SANGLARD, D. A. **Melhoramento genético do feijoeiro com ênfase na piramidação de resistência à mancha-angular**. 2006. 84 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

SANTOS FILHO, H. P.; FERRAZ, S.; VIEIRA, C. Resistência à mancha-angular (*Isariopsis griseola* Sacc.) no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 23, n. 127, p. 226-230, maio 1976.

SARTORATO, A.; ALZATE-MARIN, A. L. Analysis of the pathogenic variability of *Phaeoisariopsis griseola* in Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 47, p. 235-237, 2004.

SARTORATO, A. et al. RAPD and SCAR markers linked to resistance gene to angular leaf spot in common beans. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 637-642, out./dez. 2000.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A. Influência da cultivar e do número de inoculações na severidade da mancha angular (*Isariopsis griseola*) e nas perdas na produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 247-251, jun. 1992.

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

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, p. 507-512, 1974.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, p. 1051-1056, 1977.

SILVA, G. S. et al. Estimation of genetic progress after eight cycles of recurrent selection form common bean grain yield. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 10, n. 4, p. 351-356, Dec. 2010.

SILVA, K. J. D. e et al. Pathogenic variability of isolates of *Pseudocercospora griseola*, the cause of common bean angular leaf spot, and its implications for resistance breeding. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 156, n. 10, p. 602-606, Oct. 2008.

SINDHAN, G. S.; BOSE, S. K. Effect of temperature and relative humidity on the development of angular leaf spot of French bean. **Progressive Horticulture**, Chaubattia, v. 12, n. 1, p. 5-14, 1980.

SINGH, S. P. et al. Two cycles of recurrent selection for seed yield in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 391-397, Mar./Apr. 1999.

SINGH, S. P.; SCHWATZ, H. F. Breeding common bean for resistance to diseases: a review. **Crop Science**, Madison, v. 50, n. 6, p. 2199-2223, Nov. 2010.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS language and procedures: usage**. Version 8.1. Cary, 2000. 1 CD-ROM.

VALE, F. X. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; LIBERATO, J. R. Quant: a software for plant disease severity assessment. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, 8., 2003, Christchurch. **Proceedings...** Christchurch: University Christchurch, 2003. p. 105. Abstract.

VANDERPLANK, J. E. **Disease resistance in plants**. 2nd ed. New York: Academic, 1984. 194 p.

VIECELLI, C. A. et al. Indução de resistência no feijoeiro por filtrado de cultura de *Pycnopus sanguineus* contra *Pseudocercospora griseola*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 87-96, jun. 2009.

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

_____. Métodos culturais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 57-60, 2004.

VIEIRA, R. F. et al. Intensity of angular leaf spot and anthracnose on pods of common beans cultivated in three cropping systems. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1931-1934, 2009. Edição especial.

WILLOCQUET, L.; ALLORENT, D.; SAVARY, S. Quantitative analysis of two important epidemiological features in the common bean - *Phaeoisariopsis griseola* pathosystem. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 6, p. 676-679, nov./dez. 2004.

ANEXOS

Tabela 1A Resumo da análise de variância para severidade de mancha angular em parcelas de campo (SC), folíolos amostrados (SA) e porcentagem da área foliar lesionada (%AFL), em 37 linhagens do programa de seleção recorrente, em avaliações aos 7, 14, 21, 28, 33 e 41 dias após o florescimento (DAF)

FV	GL	QM					
		7	14	21	28	33	41
SC							
Tratamentos	36	-	-	0,922	0,812	1,518	1,572
Entre ciclos	6	-	-	0,415	0,195	0,550	0,759
Entre linhagens-Ciclo I	4	-	-	0,900	0,567	1,233	0,833
Entre linhagens-Ciclo II	4	-	-	0,400	1,100	1,233	0,267
Entre linhagens-Ciclo III	4	-	-	1,433	1,167	2,767	3,933
Entre linhagens-Ciclo IV	4	-	-	0,100	0,267	0,433	1,067
Entre linhagens-Ciclo V	4	-	-	0,100	0,900	1,067	1,233
Entre linhagens-Ciclo VI	4	-	-	0,100	0,400	0,600	0,500
Entre linhagens-Ciclo VII	4	-	-	0,767	0,567	1,100	0,567
Entre testemunhas	1	-	-	1,500	1,500	4,167	0,167
Testemunhas vs Linhagens	1	-	-	4,032	2,011	0,216	0,029
Resíduo	72			0,436	0,560	0,459	0,419
CV		-	-	21,75	19,01	15,70	11,63
SA							
Tratamentos	36	0,035	0,074	0,118	0,076	0,088	0,038
Entre ciclos	6	0,006	0,029	0,050	0,020	0,018	0,012
Entre linhagens-Ciclo I	4	0,028	0,010	0,073	0,099	0,042	0,016
Entre linhagens-Ciclo II	4	0,015	0,015	0,047	0,053	0,117	0,042
Entre linhagens-Ciclo III	4	0,019	0,039	0,084	0,078	0,142	0,045
Entre linhagens-Ciclo IV	4	0,030	0,198	0,082	0,030	0,088	0,025
Entre linhagens-Ciclo V	4	0,063	0,048	0,222	0,057	0,012	0,038
Entre linhagens-Ciclo VI	4	0,074	0,082	0,015	0,154	0,132	0,017
Entre linhagens-Ciclo VII	4	0,013	0,059	0,008	0,047	0,062	0,044
Entre testemunhas	1	0,000	0,012	0,604	0,027	0,169	0,055
Testemunhas vs Linhagens	1	0,097	0,003	0,008	0,050	0,071	0,067
Resíduo	72	0,047	0,101	0,082	0,055	0,049	0,027
CV		18,87	22,64	18,37	12,75	10,59	6,50

Tabela 1A, continuação

FV	GL	QM					
		7	14	21	28	33	41
		%AFL					
Tratamentos	36	0,001	0,001	0,001	0,003	0,003	0,012
Entre ciclos	6	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,004
Entre linhagens-Ciclo I	4	0,001	0,000	0,001	0,006	0,002	0,008
Entre linhagens-Ciclo II	4	0,000	0,000	0,002	0,004	0,000	0,011
Entre linhagens-Ciclo III	4	0,004	0,002	0,002	0,001	0,005	0,009
Entre linhagens-Ciclo IV	4	0,001	0,001	0,001	0,003	0,002	0,003
Entre linhagens-Ciclo V	4	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,018
Entre linhagens-Ciclo VI	4	0,002	0,001	0,001	0,003	0,001	0,009
Entre linhagens-Ciclo VII	4	0,003	0,000	0,000	0,001	0,001	0,017
Entre testemunhas	1	0,000	0,001	0,007	0,000	0,001	0,003
Testemunhas vs Linhagens	1	0,002	0,001	0,003	0,003	0,004	0,003
Resíduo	72	0,002	0,001	0,001	0,002	0,003	0,009
CV		65,65	37,01	34,44	36,88	34,45	25,31